

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

INTERPRETACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE UN CENTRO DE OFICINAS

MEMORIA

Autor: Federico Doria Jaureguizar
Director: Pere Alavedra
Convocatoria: Enero 2017



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

El objetivo del proyecto es, como bien dice su título, la interpretación de un Estudio Geotécnico para la ampliación de un centro destinado a un ser un vivero de empresas en Mollet del Vallés. Para la realización de este, será necesaria la colaboración con la empresa: Centro Catalán de Geotecnia.

En primer lugar, se analizará el terreno a estudiar y el estado en el que se encuentra. Será la base del estudio, ya que a partir de ello se definirá la metodología a utilizar, el tipo y el número de sondeos, y la manera de adaptarse al terreno.

En segundo lugar, se llevará a cabo un análisis tanto geológico como geotécnico del terreno con el cual se obtendrán diferentes resultados. Esta parte del proyecto será realizada por los operarios de la empresa, y la cual será explicada detalladamente para una buena comprensión.

En tercer lugar, después de obtener los resultados del apartado anterior, se pasará a definir una solución para la cimentación y la correcta construcción del edificio. Para ello se estudiarán las diferentes técnicas y tipologías existentes para poder escoger, de la mejor manera posible, la solución más adecuada.

En cuarto lugar, se realizará una pequeña recomendación personal de la solución, teniendo en cuenta las diferentes variables del proyecto: eficiencia, calidad, presupuesto, sostenibilidad, etc.

Y para finalizar, se redactarán las conclusiones obtenidas en este Trabajo Final de Grado. Se comentarán el contraste entre el inicio y final del proyecto, y la importancia de un correcto y completo Estudio Geotécnico en cualquier terreno antes de su edificación.

Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	2
1. GLOSARIO	5
2. PREFACIO	8
3. INTRODUCCIÓN	9
3.1. Objetivos del proyecto	9
3.2. Alcance del proyecto.....	10
4. ESTADO DEL ARTE	12
4.1. Ubicación, Estado y Dimensión del Terreno.....	12
4.1.1. Características geológicas del terreno	13
4.2. Sondeos Previstos	14
4.3. Adaptación al Terreno.....	18
5. ANÁLISIS Y REALIZACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO	20
5.1. Toma de Muestras	20
5.1.1. Sondeos.....	20
5.1.2. Standard Penetration Test (SPT)	21
5.1.3. Muestras Inalteradas y Representativas	22
5.2. Laboratorio.....	23
5.2.1. Descripción y Objeto de los Ensayos de Laboratorio.....	24
5.2.2. Ensayos Realizados en el Estudio	26
5.3. Análisis.....	27
5.3.1. Características Geotécnicas del Terreno	27
5.3.2. Nivel Freático	30
6. TIPOLOGÍAS DE CIMENTACIÓN A REALIZAR	31
6.1. Planteamiento del problema y cargas admisibles.....	31
6.1.1. Cimentación directa	32
6.1.2. Asentamientos Previsibles	33
6.1.3. Cimentación de la Grúa	33
7. RECOMENDACIÓN PERSONAL	34
8. PRESUPUESTO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO	36
9. SOSTENIBILIDAD	38

9.1. Social.....	38
9.2. Económica.....	38
9.3. Medio Ambiente	39
CONCLUSIONES	41
AGRADECIMIENTOS	43
BIBLIOGRAFÍA	44
Referencias bibliográficas.....	44
ANEXOS	45

1. Glosario

Geología:

Ciencia que estudia el origen, formación y evolución de la Tierra, los materiales que la componen y su estructura. Definiendo así las condiciones geológicas, con sus perfiles estratigráficos, así como las propiedades físico-mecánicas y las características del suelo. Esta ciencia es necesaria para el cálculo de los proyectos de ingeniería, previendo las posibles variaciones que introducirá la obra en las condiciones del terreno.

Estudio Geotécnico:

definición previa de la tipología y dimensiones del terreno donde quiere realizarse la obra. De tal forma que las cargas generadas por cimentaciones, excavaciones, rellenos o soportadas por estructuras de contención, no produzcan situaciones de inestabilidad en las propias estructuras del terreno, que hagan peligrar la obra estructural. En un estudio geotécnico se determina también la forma y maquinaria para llevar cabo la obra según la localización y caracterización de los materiales del terreno. El estudio suele determinar también los problemas debidos a filtraciones de aguas, que afectan directamente a la estabilidad y asentamiento de las estructuras.

Sondeo:

Exploración de un terreno, especialmente haciendo perforaciones, o de la atmósfera con máquinas especiales para averiguar datos sobre los mismos.

Ensayo de Penetración Estándar o SPT:

Es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que queremos realizar un estudio geotécnico. Es el ensayo más empleado en la realización de sondeos, y se lleva a cabo en el fondo de la perforación. Consiste en medir el número de golpes necesario para que se introduzca una determinada profundidad que le permite tomar una muestra en su interior, naturalmente alterada. El peso de la maza y la altura de la caída libre, están normalizados, siendo de 63'5 kilos y 76 centímetros respectivamente.

Muestras alteradas:

Sondeo que conserva solo algunas de las propiedades del terreno en su estado natural. Se toman de trozos de suelo arrancado por la pala excavadora, introduciéndolo en bolsas. Si se pretende obtener la humedad del terreno, puede guardarse la muestra en un recipiente estanco.

Muestras Inalteradas:

Es un tipo de sondeo que mediante golpes similares a los de la SPT, se trata de introducir en un cilindro de unos 15 centímetros de diámetro (*tomamuestras*) una muestra del terreno. La calidad de esta muestra es superior a la SPT ya que conservan las propiedades mecánicas.

Testigo Continuo:

Sondeo similar a las muestras inalteradas, pero con un cilindro de mayor diámetro. La perforación con extracción de testigo resulta muy valiosa como método de exploración. Sin embargo, ciertos aspectos la hacen lenta y mucho más cara de lo necesario. A menudo, se deben perforar largos segmentos antes de llegar al objetivo. Además, la desviación natural puede modificar la ruta de perforación y reducir el valor del pozo.

Facies:

Conjunto de características de una roca o terreno consideradas desde el punto de vista de su formación.

Ripabilidad:

Característica geotécnica vinculada a la resistencia a la rotura de un terreno.

Nivel Piezométrico:

Se define como la altura de la superficie libre de agua sobre el nivel del mar, en los acuíferos libres. En los confinados, es la altura que alcanzaría el agua en el interior de un sondeo hasta equilibrarse con la presión atmosférica.

Nivel Freático:

Lugar geométrico de los puntos donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica. En otras palabras, el nivel freático es el lugar geométrico de los niveles alcanzados por el agua subterránea en pozos de observación.

El nivel freático es un concepto fundamental en hidrogeología, que es la rama de la geología dedicada al estudio de los ciclos de las aguas superficiales y subterráneas.

Corte Estratigráfico:

Gráfico donde se representa la interpretación de las rocas sedimentarias, metamórficas y

volcánicas estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas.

Cimentación:

Colocación o construcción de los cimientos de un edificio u otra obra, y que reparte las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal. Las cimentaciones directas se emplearán para transmitir al terreno las cargas de uno o varios pilares de la estructura, de los muros de carga o de contención de tierras en los sótanos, de los forjados o de toda la estructura.

Cuando las condiciones lo permitan se emplearán cimentaciones directas, que habitualmente, pero no siempre, se construyen a poca profundidad bajo la superficie, por lo que también son llamadas cimentaciones superficiales.

Asentamiento:

Es una forma de inestabilidad gravitatoria que se caracteriza por el desplazamiento en un trecho relativamente corto a lo largo de una pendiente de una masa coherente de materiales poco consolidados o capas de roca. El movimiento se caracteriza por el deslizamiento a lo largo de una superficie plana o cóncava. Entre las causas de los asentamientos se encuentran movimientos sísmicos, absorción excesiva de agua, congelamiento y derretimiento, socavamiento en su base, y carga de la pendiente.

2. Prefacio

En este proyecto, el objeto principal será el terreno donde se realizará el Estudio Geotécnico, aunque también tendrá mucha importancia el tipo de edificación que quiera realizarse. El análisis se llevará a cabo por operarios y geólogos profesionales, de la mano del Centro Catalán de Geotecnia, mientras que la supervisión, control e interpretación de este, será llevada a cabo por un Ingeniero.

La relación de un Ingeniero con este proyecto no es más que lo citado anteriormente, donde se encargará de interpretar y adecuar las soluciones, propuestas por los geólogos, al proyecto final. De manera que tiene un papel importante de responsabilidad y por ello ha de llevar un control total de la situación teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, la seguridad de las personas, el medio ambiente, y la situación económica del proyecto.

Por ello, en este proyecto, voy a situarme en la posición del Ingeniero responsable del proyecto. Motivado principalmente por la larga historia de veranos en los que he trabajado en la empresa y en los que he podido conocer poco a poco una ciencia algo desconocida para muchos, la geología.

3. Introducción

3.1. Objetivos del proyecto

Antes de acometer cualquier proyecto u obra de ingeniería civil o edificación, es necesario conocer las características del terreno sobre el que se va a asentar. Con este fin, se debe realizar un reconocimiento geotécnico del terreno, cuyos objetivos son:

- La definición de las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona, con sus perfiles estratigráficos, así como las propiedades físico-mecánicas del suelo y todas las características del mismo, necesarias para el cálculo y proyecto correspondiente, previendo las posibles variaciones que introducirá la obra en las condiciones del terreno.
- La definición de la tipología y dimensiones de la obra, de tal forma que las cargas generadas por cimentaciones, excavaciones y rellenos, o las cargas soportadas por estructuras de contención, no produzcan situaciones de inestabilidad o movimientos excesivos de las propias estructuras o del terreno, que haga peligrar la obra estructural, o funcionalmente.
- La determinación de problemas constructivos:
 - Tipo de cimentación, nivel de apoyo, presión de trabajo, etc.
 - Determinación del volumen, localización y tipo de materiales que han de ser excavados, así como la forma y maquinaria adecuada para llevar a cabo dicha excavación.
 - Agresividad de suelos y agua.
 - Solución a problemas del terreno.
 - Problemas relacionados con el agua: filtraciones, arrastres, erosiones internas, acción de la helada, etc.

Se entiende por reconocimiento el conjunto de las tareas de investigación destinadas a:

- La obtención de muestras del subsuelo para permitir identificar los suelos o rocas presentes y contar con material suficiente para la realización de ensayos de laboratorio.
- La realización de ensayos "in situ" sobre el terreno con el fin de obtener parámetros que, directa o indirectamente, se relacionen con los parámetros mecánicos básicos que permitan el cálculo geotécnico (parámetros de resistencia al corte, de deformación, de permeabilidad, etc.).

En definitiva, el objetivo de este proyecto es aprender, desde el punto de vista de un Ingeniero Industrial, como llevar a cabo la interpretación de los resultados obtenidos en un estudio geotécnico. La manera de encarar la situación inicial del terreno o la adecuación de las diferentes soluciones del proyecto serán el tipo de problemas que se encontrarán a lo largo del trabajo.

Aunque, sin embargo, la importancia de este proyecto reside en realizar un correcto informe de la situación del terreno para los responsables de la futura construcción. Exponer la manera o las diferentes maneras de preparar el terreno para la ampliación del centro para oficinas en Mollet del Valles.

3.2. Alcance del proyecto

La idea inicial de la duración de un proyecto de estas dimensiones es menos de lo imaginado. Se tienen en cuenta los diferentes tiempos con los que se llevarán a cabo las diferentes partes del proyecto.

Es prácticamente imposible dar unas reglas universales para el diseño y desarrollo de un proyecto, puesto que el contenido es variable y extenso. El grado de libertad con que se cuenta, unido a la variedad de procedimientos para la investigación del terreno, hace que el diseño de la campaña responda a un equilibrio entre la inversión económica, el plazo de ejecución del reconocimiento, la importancia de la obra, y las consecuencias de un fallo en el diseño.

Para comenzar, el análisis del terreno previo a la entrada en acción de la maquinaria. Esta parte del proyecto no costará más de uno o dos días.

A continuación, la toma de muestras con la maquinaria adecuada. Si los geólogos han ubicado correctamente los puntos a analizar, los sondistas tardarán entre dos o tres días aproximadamente en tomar las muestras necesarias y/o realizar las cimentaciones necesarias.

Seguidamente, el análisis en el laboratorio y la redacción del informe por parte de los geólogos de la empresa. Depende de la densidad de trabajo que tengan durante la semana puede variar, pero suele realizarse en dos días.

Para finalizar, añadir la interpretación del Ingeniero y la solución propuesta para la correcta edificación. Esta última parte podría demorarse entre una o dos semanas. Y por tanto podríamos fijar la duración del proyecto entre tres y cuatro semanas. Este proyecto terminaría aquí, pero la edificación seguiría adelante. Por ello, como no forma parte del proyecto, no se tiene en cuenta en el alcance ni en la planificación.

Todas las estimaciones anteriores, se podrían separar y agrupar también según las diferentes fases del proyecto como se puede ver en la siguiente tabla:

Fases del Proyecto	Objetivos	Duración
Estudio Previo de Viabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis previo del terreno. • Viabilidad geológica. • Identificación riesgos geológicos. 	1 o 2 días.
Anteproyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de maquinaria. • Selección de los puntos de sondeo. • Soluciones geotécnicas aproximadas. 	1 o 2 días.
Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestras. • Estudio en el Laboratorio. • Análisis de los geólogos. 	3 o 4 días.
Informe	<ul style="list-style-type: none"> • Redacción de una caracterización geotécnica detallada. • Parámetros geotécnicos para el diseño de estructuras y construcción. 	3 o 4 días.
Solución	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación del Estudio Geotécnico por parte del Ingeniero. • Recomendación al cliente para una correcta construcción. 	1 semana.

Tabla 3.2.1. Fases del Proyecto.

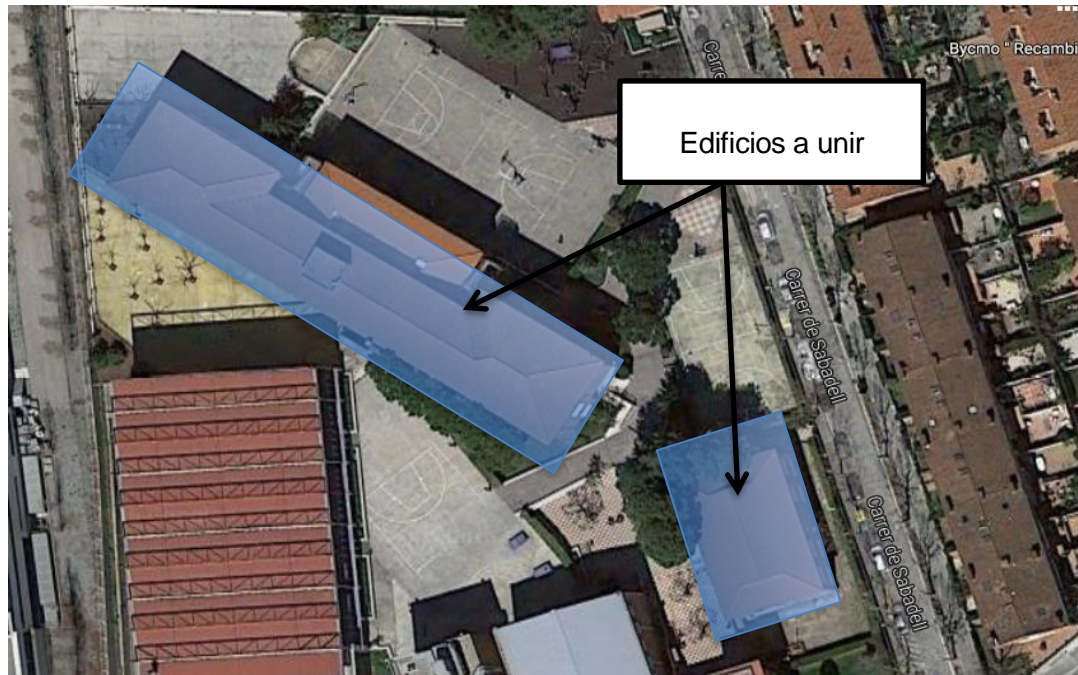


Imagen 4.1.2 Ubicación de los edificios del proyecto (*google maps*).

La dimensión del terreno donde será realizado el estudio es de unos dos mil metros cuadrados aproximadamente, aunque no será la misma dimensión que la de construcción. Uno de los problemas que se encontrarán será la diferencia de nivel entre las partes del terreno.

4.1.1. Características geológicas del terreno

El terreno a estudiar se encuentra situado en Parets del Valles, en la comarca del Valles Oriental. La depresión del Valles se dispone en dirección SO-NE, paralela a la costa del Mar Mediterráneo. Sus límites naturales son: a Oriente la Sierra Litoral Catalana, y a Poniente, la Sierra Prelitoral catalana.

Desde el punto de vista tectónico, constituye una depresión o fosa tectónica formada en la fase de distensión a la que fue sometida la Sierra Costera catalana. Los sedimentos Neógenos que encontramos en el área estudiada corresponden al Mioceno, principalmente formado por facies continentales.

En líneas generales, la disposición sedimentaria y tectónica tiene un buzamiento bastante constante hacia el NO y con una inclinación que raramente supera los 15°. Des del punto de vista litológico se diferencian las siguientes unidades:

Vindoboniano – Vallesiano: formado por argilas de color claro, con intercalaciones de capas y nidos de areniscas y conglomerados, y facies principalmente conglomeradas con

abundantes grabas, de colores grises con matriz argilosa-margosa en mayor o menor abundancia.

Turoliano – Vallesiano: constituidos por conglomerados de color bruto, con grabas de pizarra, cuarzo, rocas porfídicas, areniscas y calcarías. La matriz es arenosa-argilosa. Localmente, estos materiales se sitúan en discordancia cartográfica sobre los materiales infrayacentes.

Superficialmente se han formado depósitos cuaternarios aluviales y coluviales, produciendo el empotramiento de la actual red hidrográfica. También se han realizado movimientos de tierras y rellenos de origen antrópico.



Ilustración 4.1.1.1.1. Situación del terreno.

4.2. Sondeos Previstos

Para la programación de los sondeos del terreno se deben tener en cuenta todos los datos relevantes de la parcela: tanto los topográficos, urbanísticos y generales del edificio, como los datos previos de reconocimientos y estudios de la misma parcela o parcelas limítrofes si existen, y los generales de la zona realizados en la fase de urbanización.

Para este primer análisis sería adecuado el estudio de la fotografía aérea del terreno, hoy en día *google maps* sería de gran ayuda. También, si fuera posible se podrían examinar los mapas topográficos, geológicos y geotécnicos del terreno, aunque no serían tan accesibles como la fotografía aérea. Gracias a estos se tendría una percepción más completa de las clasificaciones de los suelos y rocas, las condiciones hidrogeológicas y geomorfológicas.

A efectos del reconocimiento del terreno, la unidad a considerar es el edificio o el conjunto

de edificios de una misma promoción, clasificando la construcción y el terreno según las siguientes tablas:

Tipo	Descripción
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 a 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas

Tabla 4.2.1. Tipo de Construcción.

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos de cierta relevancia.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores.

Tabla 4.2.2. Grupo de Terreno.

La densidad y profundidad de reconocimientos debe permitir una cobertura correcta de la zona a edificar. Para definirlos se tendrá en cuenta el tipo de edificio, la superficie de ocupación en planta y el grupo de terreno. Con carácter general el mínimo de puntos a reconocer será de tres. En la tabla 4.2.3 se recogen las distancias máximas ($d_{\text{máx}}$) entre puntos de reconocimiento que no se deben sobrepasar y las profundidades orientativas P bajo el nivel final de la excavación.

Tipo de Construcción	Grupo de Terreno			
	T-1		T-2	
	$d_{\text{máx}}$ (m)	P (m)	$d_{\text{máx}}$ (m)	P (m)
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	35	14	20	30
C-4	20	16	17	35

Tabla 4.2.3. Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades orientativas.

Por tanto, para el estudio del centro, se realizarán tres puntos de reconocimiento con una profundidad de entre seis y ocho metros. Se podría aumentar el número de puntos, pero eso conllevaría un coste económico extra, y que normalmente el cliente no desea. Se recomiendan tres como mínimo y el añadir reconocimientos extras dependerá del cliente, pero lo que no será posible será la reducción de estos.

Las catas se fijarán en una profundidad de entre seis y ocho metros, debido a que el edificio que se quiere construir para la ampliación del centro de oficinas tan solo constará de tres plantas y es de tipo C-1. Y por ello no será necesario bajar más metros en las catas.

Se dejará un margen de dos metros para que sean los propios sondistas y geólogos los que decidan, según lo que vayan viendo a medida que profundizan las catas. Debido a la

profesionalidad y a los años de experiencia que tienen, serán ellos los encargados de tomar la decisión de la profundidad del sondeo. Si llegados a los seis metros de profundidad no se han encontrado ningún tipo de anomalías ni características singulares seguramente darán por finalizado ese punto de reconocimiento. De lo contrario, continuarán hasta llegar a una situación de estabilidad.

Otra de las características de los sondeos será el cálculo de la resistencia de cada capa. Estas capas serán detectadas por los sondistas y geólogos, y en cada una de ellas será necesaria una toma de muestras como mínimo. Esta muestra puede ser, una SPT, una inalterada, o una a testigo continuo.

La más utilizada y recomendada es la SPT, ya que es la más sencilla de realizar, la más económica y la más efectiva. Contaremos el número de golpes que se han realizado para recorrer un metro de profundidad, y en función de estos y de la muestra obtenida en el tubo, el geólogo podrá definir mejor el resultado.

Las muestras inalteradas y las de testigo continuo tratan también de rellenar un tubo de manera compacta para ser analizado de la mejor manera posible en el laboratorio. Los tubos de las inalteradas son de menos dimensión que los de testigo continuo, pero ambos tienen el mismo problema, no toman buenas muestras cuando el terreno no es compacto, como por ejemplo con las arenas de playa.

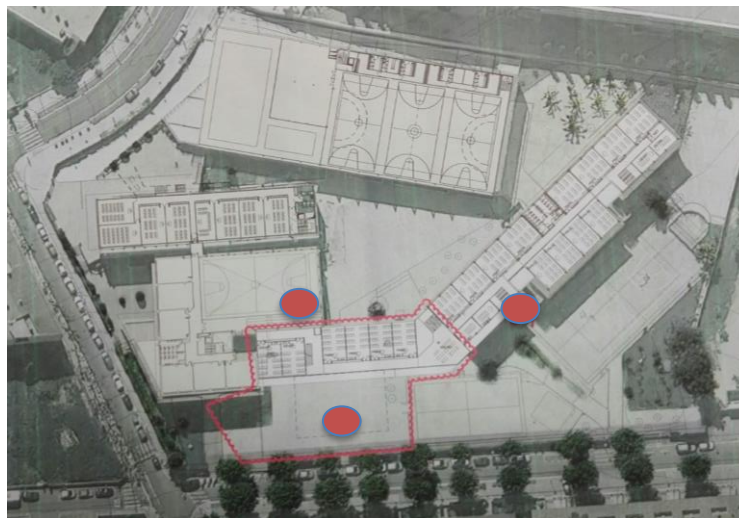


Imagen 4.2.1 Puntos de Sondeo.

4.3. Adaptación al Terreno

Antes de salir con la maquinaria desde el garaje, se realizó un análisis del terreno. Y se observó que no se podía entrar al centro con uno de los grandes camiones de la empresa, así que se decidió entrar con unas de las pequeñas máquinas.

Esta pequeña perforadora (1) se transportará con una de las furgonetas de la empresa y se llevará hasta la puerta principal de la parcela donde se descargará la máquina y se llevará hasta los puntos donde se realizarán los sondeos. Las máquinas perforadoras se desplazan con unos mandos dirigidos por los operarios, son capaces de adaptarse a diferentes terrenos, aunque sin embargo tiene muchas otras inconveniencias.



Ilustración 4.1.1.1. Perforadora (1)

La problemática de realizar los sondeos con una maquinaria pequeña implica un mayor esfuerzo por parte de los sondistas. Mientras que con un camión perforador se pueden bajar dos o tres metros seguidos, con una máquina de este tipo tan solo se puede un metro o metro y medio.

En el análisis previo del terreno para la adaptación de la obra también se obtuvo una nueva problemática. La ubicación donde el geólogo había situado uno de los puntos de sondeo se encontraba en una zona donde no podía llegarse con la maquina seleccionada. Tan solo se podía llegar al punto por una estrecha rampa o por una puerta secundaria del colegio de menor tamaño. Por tanto, se debía transportar una maquinaria todavía más pequeña de la escogida (2).

Para no retrasar y así optimizar el tiempo de trabajo dentro del terreno, lo más adecuado era transportar las dos máquinas, una para dos puntos y otra más pequeña para entrar por la puerta secundaria. De esta manera, el tiempo de trabajo en el centro será menor.

Para comenzar, las dos máquinas perforadoras trabajarán de manera simultánea, y cuando el equipo que este con la máquina de menor tamaño termine su trabajo podrá recoger y dirigirse hacia el garaje o hacia otra obra donde se les solicite.

Para finalizar, antes de entrar a trabajar en el centro, será necesaria la identificación de cada uno de los trabajadores que vayan a entrar en él. El geólogo encargado de la obra será el responsable de dirigirse a la secretaria del colegio y comunicar los nombres de las personas que se ha decidido mandar al sondeo. Lo normal en estos casos es la entrega de unos pases donde se indica la causa de la presencia de personas externas al centro.



Ilustración 4.1.1.2. Perforadora (2).

5. Análisis y Realización del Estudio Geotécnico

5.1. Toma de Muestras

El objetivo de la toma de muestras es la realización, con una fiabilidad suficiente, de los ensayos de laboratorio pertinentes según las determinaciones que se pretendan obtener. Por tanto, en la toma de muestras se deben cumplir unos requisitos diferentes según el tipo de ensayo que se vaya a ejecutar sobre la muestra obtenida.

Son ensayos que se ejecutan directamente sobre el terreno natural y que proporcionan datos que pueden correlacionarse con la resistencia, deformabilidad y permeabilidad de una unidad geotécnica a una determinada profundidad.

Además de las muestras de suelo o roca señaladas, el reconocimiento geotécnico debe incluir la toma de muestras de agua de los distintos acuíferos encontrados, en el fin de prever posibles problemas de agresividad o contaminación. En algunos casos estas muestras servirán para una mejor definición de la hidrogeología de la zona de estudio.

5.1.1. Sondeos

Se han realizado 3 sondeos por el método de rotación con extracción de muestras de los diferentes niveles atravesados. La sonda que se ha utilizado ha sido un FRASTE MULTIDRILL PL con un varillaje helicoidal de 89mm de diámetro.



Imagen 5.1.1.1. Varillaje utilizado en los sondeos
(89mm diámetro)

En la siguiente tabla se indica la cota de inicio (facilitada por el mapa topográfico), el método de perforación y la profundidad establecida en cada sondeo realizado:

Sondeo	Cota Inicio	Método	Profundidad
S-1	81,8 m	Rotación	10 m
S-2	81,0 m	Rotación	10 m
S-3	79,2 m	Rotación	8 m
TOTAL			28 m

Tabla 5.1.1. Sondeos realizados.

Los sondeos y la obtención de muestras “in situ”, han sido realizadas por la empresa Centro General de Sondeos, que forman parte del grupo de Centro Catalán de Geotecnia. Que obtuvo la acreditación para el ámbito de los sondeos, toma de muestras y ensayos “in situ” para reconocimientos geotécnicos con el código de identificación nº 06140.GTC06(B).

5.1.2. Standard Penetration Test (SPT)

Han sido realizados 8 ensayos de penetración (Standard Penetration Test) en las diferentes capas que se han atravesado. Los ensayos se han realizado con penetrómetro extractor de muestras bipartido de 2 pulgadas de diámetro según las normas siguientes:

- Peso de la maza de penetración: 63,5 Kg
- Altura de la caída: 76,2 cm
- Intervalo de penetración: 30,5 cm



Imagen 5.1.2.1. Standard Penetration Test de la m-2.

5.1.3. Muestras Inalteradas y Representativas

En los sondeos se toman muestras de los diferentes niveles atravesados. Esta operación se realiza con las herramientas de la extracción de muestras inalteradas o del ensayo estándar de penetración, o bien de los materiales extraídos directamente mediante la perforación.

Cada grado abarca las características del tipo de muestra posterior. El número y tipo de muestras que obtenemos depende del tipo de campaña de reconocimiento que se desea realizar y de las exigencias del terreno.

Las muestras han sido transportadas directamente al laboratorio en un plazo máximo de 24 horas después de realizar el trabajo de campo, para que sean almacenadas y conservadas hasta el momento de realizar los ensayos de laboratorio pertinentes.

Siguiendo la nomenclatura que indica el apartado 3.4.2 Toma de Muestras del *Documento Básico SE-C*, las muestras son del tipo:

Tipo de Muestra	Denominación	Método de Extracción	Características
A	Inalterada (I)	Tubo de toma de muestras de pared gruesa de 5,9 cm de diámetro	Mantiene inalteradas las propiedades de estructura, densidad, humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos del terreno en su estado natural
	Parafinada	Con batería	
B	Representativa (S)	Tubo de toma de muestras bipartidas del ensayo SPT	Mantiene inalterada la humedad del terreno en su estado natural
C	Ripis (R)	Mediante la ascensión de la perforación	Muestra la naturaleza del terreno

Tabla 5.1.2 Tipos de muestras y características.

En nuestro caso se ha extraído una muestra inalterada y ocho muestras representativas que corresponden los ensayos A y B respectivamente. Estas han estado seleccionadas para su estudio en el Laboratorio.

Las muestras ensayadas corresponden al sondeo y profundidad siguientes:

Sondeo	Profundidad	Muestra	Tipo
S-1	3,1 m	m-1	A
S-1	3,7 m	m-2	B
S-2	3,4 m	m-3	B
S-3	1,2 m	m-4	B

Tabla 5.1.3 Profundidad de las muestras.

Las muestras del tipo B serán llevadas a un laboratorio externo para una definición más exacta del terreno. Los profesionales donde Centro Catalán de Geotecnia suele acudir es **Laboratori de Ciències de la Terra, S.L.L.**, acreditado por la Dirección General de Arquitectura y Urbanismo de la Generalitat de Cataluña.

Sin embargo, las muestras del tipo A serán analizadas y definidas en el laboratorio particular de Centro Catalán de Geotecnia.

Todas las muestras almacenadas en ambos laboratorios serán revisadas por uno de los geólogos de Centro Catalán, con la finalidad de completar la información recogida en el campo y programar la campaña de ensayos del laboratorio. Las muestras se incluyen dentro del corte estratigráfico del sondeo.

5.2. Laboratorio

Una vez se han reconocido las muestras, se realizan los cortes geológicos previos del terreno y según estos se programan una serie de ensayos en función de los diferentes niveles atravesados, de los objetivos del estudio y de las exigencias del material.

Con los ensayos del laboratorio se quiere, principalmente, conocer las características físicas de los materiales y poder agruparlos según su comportamiento. También se examinan las características químicas de los suelos en caso de que se tengan indicios que estos puedan ser agresivos o experimentar cambios volumétricos.

Los ensayos mecánicos se realizan con la finalidad de conocer los valores más característicos de resistencia y así poder determinar los parámetros fundamentales que intervienen en las conclusiones de la memoria.

Todos los conjuntos de datos obtenidos en el laboratorio ayudan a definir las formas más idóneas de cimentación.

En líneas generales, se distinguen los siguientes grupos de ensayos en el laboratorio:

- Estado Natural (humedad y densidad)
- Identificación (granulometría, límites de Atterberg, peso específico relativo...)
- Químicos (contenido en materia orgánica, sulfatos, carbonatos, pH...)
- Mecánicos de Resistencia (compresión simple, corte directo, triaxial...)
- Mecánicos de Deformación (presión de inflamamiento, inflamamiento libre, expansividad...)

5.2.1. Descripción y Objeto de los Ensayos de Laboratorio

Para el examen y análisis de las muestras tomadas existen varias metodologías y mecanismos, para este estudio se utilizarán las facilitadas por la empresa colaboradora. Lo normal en estos casos sería facilitar nuestras muestras a un laboratorio externo para el análisis oportuno y especializado. En Centro Catalán de Geotecnia incorporaron su pequeño Laboratorio hace pocos años, donde realizan gran parte de los exámenes necesarios, aunque siguen acudiendo a laboratorios más especializados para análisis más minuciosos. A continuación, están explicados los diferentes métodos utilizados en el Laboratorio de Centro Catalán de Geotecnia para un correcto análisis de las características del terreno muestreado:

- Análisis granulométrico por tamizado:

Determina los diferentes tamaños de las partículas que forman el suelo y se expresa en tanto por ciento que pasa por los distintos tamices utilizados, hasta el tamiz UNE 0,08. Si interesaran los tamaños inferiores, se debe completar con el procedimiento de granulometría por sedimentación (UNE 103102). Es un ensayo básico para la clasificación del suelo.



Imagen 5.2.1.1. Tamices.

- Ensayo de compresión simple:

Se determina la resistencia a la compresión simple en muestras de suelos que tengan cohesión. Se efectuarán con una prensa adecuada a la resistencia que, "a priori" se estima por el suelo, con un control de la velocidad de deformación. Se utilizan anillos dinamométricos de 2,5 KN o 30 KN según el tipo de suelo. Se aplican tensiones crecientes hasta la ruptura de la muestra o bien hasta llegar a deformaciones del 15%. La deformación se mide con comparadores sensible en centésimas de milímetro en prensa manual o bien el ensayo se realiza con una velocidad controlada en la prensa motorizada. Las probetas a

ensayar se cortan con la forma cilíndrica, con dimensiones máximas de 12,7 cm en prensa manual y 13 cm en prensa motorizada. La altura de la probeta es como mínimo el doble del diámetro.

- Ensayo de humedad:

Se determina la humedad de una muestra de suelo mediante secado en estufa, correspondiendo a la masa de agua que pierde el suelo al secarlo respecto de la masa de suelo seco.

- Límites de Atterberg:

Determinan la plasticidad y consistencia del suelo hasta ciertos límites sin romperse y por medio de ellos se puede aproximar el comportamiento del suelo en diferentes épocas. También nos indica el grado de compresibilidad del suelo. Es un ensayo básico para la clasificación del suelo. En caso de no poder determinarse los límites se dice que el suelo es “no plástico” (NP).

- Ensayo de presión de inflamamiento en el edómetro:

Determina la presión de inflamamiento de un suelo en el edómetro. Se denomina presión de inflamamiento a la presión vertical necesaria para mantener sin cambio de volumen una probeta confinada lateralmente cuando se inunda de agua.

Por eso se corta una probeta y se coloca en el edómetro, posteriormente se inunda de agua y se va controlando que la lectura del medidor quede situada entre $\pm 0,01$ mm respecto a la lectura inicial de referencia, mediante la aplicación del peso necesario. Se representan gráficamente los incrementos de presión aplicados respecto el tiempo transcurrido. Finalizado el proceso se calcula la presión necesaria para mantener el equilibrio P_H .

Una vez determinada esta presión, se procede a la descarga en escalones de $P_H/2$, $P_H/4$, etc. Hasta un valor de 10 kPa (valor que corresponde al “inflamamiento libre”). Los resultados vienen expresados en una gráfica que relaciona el porcentaje de inflamamiento y la carga aplicada.

- Determinación del pH:

A partir de una disolución, en la que se ha procedido al agitado y dispersión del suelo en agua desmineralizada, se mide el pH de dicha disolución. En determinados suelos, en especial los que contiene sulfuros (pirita, galena) o bacterias reductoras de



Imagen 5.2.1.2. Determinación pH.

sulfatos, puede existir una alta acidez. Los suelos calcáreos pueden ser altamente alcalinos. Los desperdicios industriales y otros contaminantes pueden condicionar condiciones ácidas o alcalinas que pueden causar corrosión del acero y un importante deterioro del hormigón.



Imagen 5.2.1.3. Detección Sulfatos.

- Sulfatos solubles en suelos:

Este ensayo tiene por objeto comprobar la existencia de sulfatos solubles en el suelo. Es por ello un ensayo cualitativo. En el caso de que se obtuviese un resultado positivo, se realizaría un ensayo cuantitativo, para determinar la cantidad de sulfatos solubles que contiene el suelo.

5.2.2. Ensayos Realizados en el Estudio

Los ensayos explicados anteriormente, y que han sido realizados durante el análisis en el laboratorio, se agrupan según la siguiente tabla. En función del tipo de ensayo, la norma que lo rige y la cantidad de ensayos realizados de cada tipo:

Grupo de Ensayos	Ensayo	Norma	Nº de Ensayos
Estado Natural	Humedad	UNE 103300/93	1
	Densidad	UNE 103301/94	1
Identificación	Granulometría	UNE 103101/95	3
	Límites de Atterberg	UNE 103103/94	3
Mecánicos de Resistencia	Compresión Simple	UNE 22950-1	1
Deformación	Presión de Inflamamiento	UNE 103602/96	1

Tabla 5.2.1 Grupo de Ensayos realizados.

Será necesaria la realización de los ensayos citados anteriormente en cada capa de los cortes estratigráficos de cada una de las muestras obtenidas en el trabajo de campo.

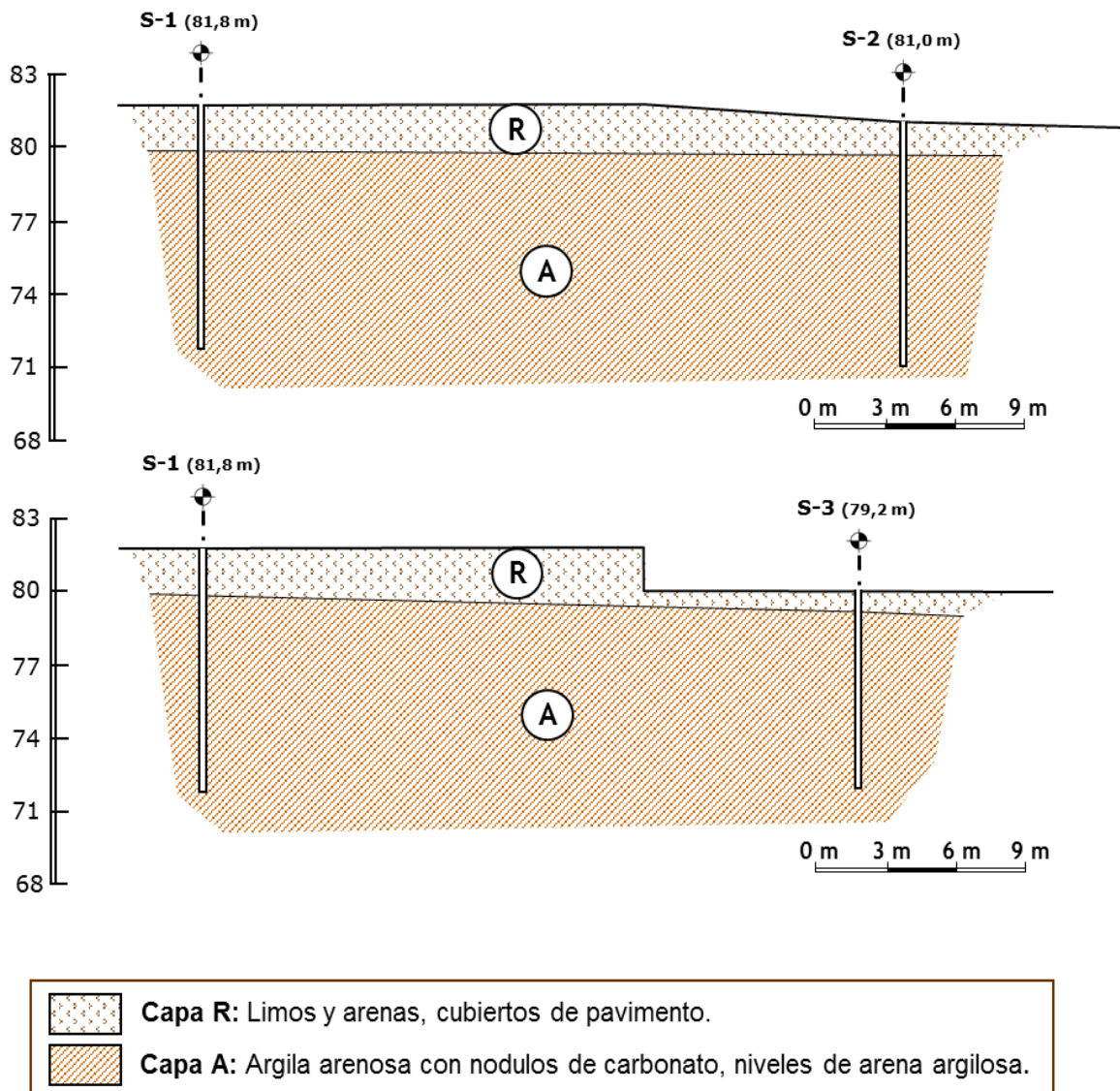
Los ensayos de granulometría por tamizado, humedad, límites de Atterberg, determinación del pH y los Sulfatos han sido realizados en el propio laboratorio de Centro Catalán de Geotecnia. Mientras que los ensayos de compresión y de presión han sido realizados por el ***Laboratori de Ciències de la Terra, S.L.L.***, especialistas en el análisis de muestras.

5.3. Análisis

Después de analizar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio (adjuntados en los anexos) se puede definir de una manera correcta la situación geotécnica del terreno. De esta manera, se podría definir la mejor manera para llevar a cabo el proyecto de ampliar y modificar el centro para la construcción de oficinas.

5.3.1. Características Geotécnicas del Terreno

En los sondeos realizados durante los trabajos de campo se pueden distinguir las siguientes capas o niveles geotécnicos mostrados en el gráfico del corte estratigráfico siguiente:



Capa R:

Se localiza en la superficie y corresponde a nivel de tierras formadas por arenas y gravilla con restos de raíces y de runa. Esta capa esta coronada por un pavimento de entre 10 y 15 cm.

La capa presenta un grueso irregular que depende mucho de la zona. En los sondeos se han comprobado gruesos de 0,7 metros a 1,8 metros, en el sector del sondeo S-1. Dentro de esta capa se incluyen las cimentaciones de los edificios existentes y los servicios enterrados que hay.

En conjunto es una capa de naturaleza heterogenia, esponjosa, sobre la que se recomienda

no apoyar ningún elemento de cimentación.

Capa A:

Se localiza por debajo de los materiales de relleno y en los sondeos se han comprobado un grueso de capa superior a 8 metros, sin haber alcanzado su base en ninguna de las perforaciones efectuadas.

La capa está formada por un conjunto de argilas arenosas, de color marrón claro, con tonalidades rojizas y amarillosas, bien consolidadas, con intercalación de niveles de arena argilosa de color marrón.

Los niveles de arena argilosa se localizan en profundidad, presentan buena continuidad lateral i gruesos de hasta 50cm.

Esta capa corresponde al techo del substrato de Mioceno, que, por datos de geología regional, se sabe que supera la treintena de metros.

Son materiales principalmente cohesivos, bien consolidados y de buena resistencia. En los ensayos SPT se obtienen valores de 27 a 55, con tendencia a aumentar en profundidad.

De este nivel se han ensayado cuatro muestras con los siguientes resultados:

Características Geotécnicas		
Muestras ensayadas		m-1 a m-2
Composición		Argila Arenosa
Clasificación suelos		CL i A-6, A-7-6
Límites de Atterberg	Límite líquido	30,5 – 41,6
	Límite plástico	15,7 – 17,1
	Índice plasticidad	14,8 – 25,7
Granulometría	Hasta ($\phi \leq 0,08$ mm)	50,4 – 71,2 %
Agresividad del Suelo	pH de la suspensión	6,0
	Resultado	No agresivo

Relaciones Volumétricas	Humedad (W_n)	9,7 %
	Densidad Aparente	2,09 g/cm ³
	Densidad Seca	1,90 g/cm ³
Resistencia Compresión Simple	Carga de Rotura (q_u)	4,16 kg/cm ²
	Deformación	4,3 %
	Angulo de rotura (θ)	71 °
Deformación	Presión de Inflamamiento	0,63 kg/cm ²
	Inflamamiento Libre (%)	0,94 %

Tabla 5.3.1.1. Resultados de la Capa A en las muestras m1, m-2, m-3, m-4.

5.3.2. Nivel Freático

Durante los trabajos de campo (23/11/2016) no se encontró el nivel del agua en ninguna de las perforaciones efectuadas. Se informó que dentro del recinto del centro para víveres de oficinas existe un pozo donde se detecta el nivel del agua a unos 15 metros de profundidad. Este pozo tiene más de 30 metros de profundidad, así que se consideró fiable.

Los materiales argilosos de la Capa A son impermeables y el agua se acumula a presión dentro de los niveles principalmente granulares, donde la permeabilidad es más elevada. En el momento en que se perforan estos niveles granulares, el agua se libera y puede ascender hasta su cota natural, el nivel piezométrico.

A las profundidades que se ha trabajado en este proyecto, no se ha detectado agua a presión en ninguno de los niveles granulares atravesados.

6. Tipologías de Cimentación a Realizar

6.1. Planteamiento del problema y cargas admisibles

La presión admisible en los cimientos se ve limitada por dos factores que no tienen una relación determinada entre ellos, por tanto, se han de considerar por separado:

Seguridad ante el hundimiento de los cimientos por ruptura del terreno, que depende de la resistencia de esta ruptura por cizalla.

Seguridad ante la deformación o asentamiento excesivo del terreno, que puede perjudicar la estructura y que depende, además de la compresibilidad del terreno, de la profundidad de la zona interesada por la carga en función del área cargada y de la tolerancia de la estructura en los asentamientos diferenciales.

Para calcular la tensión de trabajo de una cimentación directa empotrada en el terreno, *Karl Von Terzaghi* calculó una fórmula que tiene en cuenta el peso de la tierra que colinda el cimiento:

$$Q_h = c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot B \cdot N_y \cdot Y$$

Ecuación 6.1.1. Terzaghi

Donde:

Q_h = carga de hundimiento

q = sobre carga sobre el nivel de cimentación

B = anchura de la zapata

c = cohesión del terreno de cimentación

N_c, N_q, N_y = factores de capacidad de carga que depende de ϕ

Para suelos granulares, las cargas admisibles vienen dadas por las formulas:

$$Q_{adm} = \frac{N}{12} \cdot S \cdot \left(\frac{1+B}{B}\right)^2 \quad \text{para } B > 1,25 \text{ m}$$

$$Q_{adm} = \frac{N}{8} \cdot S \quad \text{para } B < 1,25 \text{ m}$$

Donde:

N = Numero de golpes en la S.P.T

S = Asentamientos máximos (Normativa 2,5 max)

B = Ancho de la zapata en Pies (2x2)

Para suelos cohesivos, las cargas admisibles vienen dadas por las fórmulas:

$$Q_{dr} = 3,7 \cdot Q_u \quad \text{para zapatas cuadradas}$$

$$Q_d = 2,85 \cdot Q_u \quad \text{para zapatas continuas}$$

$$Q_{do} = 2,85 \cdot Q_u \cdot \left(1 + \frac{0,3 \cdot B}{L}\right) \quad \text{para zapatas rectangulares con una anchura } B \text{ y longitud } L$$

Las cargas admisibles se calculan aplicando a las cargas de ruptura un coeficiente de seguridad de $G_s = 3$.

6.1.1. Cimentación directa

Una cimentación directa es aquella que reparte las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal. Las cimentaciones directas se emplearán para transmitir al terreno las cargas de uno o varios pilares de la estructura, de los muros de carga o de contención de tierras en los sótanos, de los forjados o de toda la estructura.

Aplicando las expresiones anteriores, se obtienen unas cargas admisibles para las diferentes capas descritas en los puntos anteriores del informe:

Capa	Tipo de Suelo	Valor de N_{SPT}	Q_{ad} zapata corrida	Q_{ad} zapata aislada
R	Relleno	16	No Apoyar	No Apoyar
A	Cohesivo	27 - 55	2,8 Kg/cm ²	3,3 Kg/cm ²

Tabla 6.2.1. Resultado de las cargas admisibles.

6.1.2. Asentamientos Previsibles

Los asentamientos para los materiales argilosos o limosos con presencia de una fracción granular, se pueden calcular a partir del método de *Webb*. Este método se basa en la iteración de las deformaciones elásticas de los estratos sometidos a la sobrepresión producida por la cimentación:

$$S = \sum \frac{\sigma_{zi}}{E} \cdot h_i$$

Ecuación 6.1.2.1. Webb.

Donde:

S = Asentamiento en cm

σ_{zi} = Incremento de presión producido en el centro del estrato considerado

E = Grueso del estrato considerado

h_i = Módulo de deformación del terreno

Para las cargas anteriores se calculan los siguientes asentamientos:

Capa	Tipo de Suelo	Valor de N_{SPT}	Tensión de trabajo	Asentamiento
A	Cohesivo	27 – 55	3,3 Kg/cm ²	1,8 cm

Tabla 6.1.2.1. Asentamiento Capa A.

6.1.3. Cimentación de la Grúa

Para este proyecto se fijó la construcción de un edificio con una planta subterránea. En el caso de querer colocar una grúa a esa profundidad, su cimentación quedaría apoyada sobre los materiales de la Capa A, y se podría dimensionar para transmitir al terreno unas tensiones de trabajo de hasta 3,40 Kg/cm².

7. Recomendación Personal

Una vez terminado el trabajo de campo y el análisis de los resultados en el Laboratorio de Centro Catalán de Geotecnia y en el contratado aparte, se puede realizar una completa recomendación a la constructora encargada de llevar adelante el proyecto. De la mano de los geólogos de la empresa y del Ingeniero encargado, es posible interpretar los resultados y definir esta recomendación como responsables de la parte del proyecto encargada de este estudio Geotécnico.

En base a los sondeos realizados ya la interpretación dada entre ellos, suponiendo unas relaciones geológicas normales, se han diferenciado dos capas nombradas R y A, las características geotécnicas de las cuales se han definido en el capítulo anterior.

La **capa R**, corresponde a un nivel de tierras de relleno formadas por arenas y grabas, cubiertas por un pavimento de asfalto y baldosas. Esta capa presenta gruesos de 0,7 a 1,8 metros.

La **capa A**, inferior a la capa anterior, está formada por argilas con arenas de color marrón rojizo, bien consolidadas. Corresponde al techo del sustrato resistente, de la edad del Mioceno.

Según el Código Técnico de la Edificación y por las características del edificio que se proyecta construir, este terreno se clasifica como T-1 (Terrenos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa).

No se han encontrado suelos que sean agresivos a la dureza del hormigón.

Se proyecta la ampliación del centro de oficinas con la construcción de un edificio y la ampliación de otro, con una planta subterránea. Aprovechando el desnivel existente, podrán realizarse una planta baja y dos plantas superiores.

Se escavarán los materiales de la capa R y parte de la capa A, dejando la base del edificio dentro de los materiales de la capa A.

Teniendo en cuenta las características geológicas, geotécnicas y geométricas de los niveles atravesados, se podrá plantear una **cimentación directa** a los materiales de la capa A por medio de zapatas dimensionadas para transmitir al terreno tensiones de 3,3 kg/cm² por zapata aislada y tensiones de 2,8 kg/cm² para el caso de zapatas continuas.

El terreno de la capa A presenta un potencial expansivo muy pequeño, pero para apoyar los pavimentos se recomienda colocar un colchón de grava de unos 15 cm.

Además, una vez efectuada la explanación del terreno de la cimentación, es conveniente, y se recomienda que se comunique a la empresa para que rápidamente puedan reconocer el terreno. De esta manera se podrán confirmar las características de este, y así lo indica el Código Técnico de la Edificación.

Con esto finaliza la recomendación personal por parte de Centro Catalán de Geotecnia y del Ingeniero encargado del proyecto. La empresa realiza esta recomendación como profesionales del sector, con el objetivo de satisfacer al cliente y la seguridad de una futura construcción. Sin embargo, los encargados de llevar adelante la construcción serán otros, pero si descontentos con la recomendación desean realizar un opción paralela podrían poner en peligro los cimientos del futuro edificio.

8. Presupuesto del Estudio Geotécnico

Antes de comenzar con cualquier proyecto es imprescindible la elaboración de un presupuesto. La idea de cuánto dinero va a costar siempre es útil de cara al cliente y puede llegar a modificar diferentes partes del proyecto. Hasta que el cliente no aprueba el presupuesto del proyecto, este no comenzará.

Cabe decir, que normalmente el presupuesto se va modificando a lo largo de la campaña. No se puede llegar a presupuestar todos los incidentes que puedan llegar a pasar durante la duración del estudio. Por ello, antes comenzar la obra, se realizó un presupuesto con los gastos que previsiblemente se tendrían:

Descripción	Unidades	Precio Unitario (IVA no incluido)	Precios Totales (IV no incluido)
desplazamiento de equipos y materiales	1	295,00 €	295,00 €
emplazamiento en punto de sondeo	3	20,00 €	60,00 €
metros a sondear	28	22,50 €	630,00 €
unidad de ensayos SPT	9	22,50 €	202,50 €
unidad de ensayos muestra inalterada	1	23,50 €	23,50 €
análisis de agua	1	105,00 €	105,00 €
coste laboratorio	1	450,00 €	450,00 €
memoria técnica	1	450,00 €	450,00 €
		Total (sin IVA)	2.216,00 €
		IVA	21%
		Total	2.681,36 €

Tabla 8.1. Presupuesto Estudio Geotécnico.

Una vez terminado el estudio, y como era previsible, el presupuesto inicial del proyecto ha sido modificado. Pero como se ha dicho antes, es difícil predecir todos los imprevistos que puedan suceder. Y en este caso, durante el trabajo de campo se realizaron algunas muestras menos que las presupuestadas y se descartó el análisis de aguas, de esta manera el cliente deberá abonar un precio algo menor al imaginado.

En la siguiente tabla se describe el presupuesto final entregado al cliente:

Descripción	Unidades	Precio Unitario (IVA no incluido)	Precios Totales (IV no incluido)
desplazamiento de equipos y materiales	1	295,00 €	295,00 €
emplazamiento en punto de sondeo	3	20,00 €	60,00 €
metros a sondear	28	22,50 €	630,00 €
unidad de ensayos SPT	8	22,50 €	180,00 €
unidad de ensayos muestra inalterada	1	23,50 €	23,50 €
coste laboratorio	1	450,00 €	450,00 €
memoria técnica	1	450,00 €	450,00 €
		Total (sin IVA)	2.088,50 €
		IVA	21%
		Total	2.527,09 €

9. Sostenibilidad

9.1. Social

En el ámbito de la sostenibilidad social, los valores son de suma importancia ya que las personas formamos el lugar donde vivimos con nuestras acciones. Debemos tener una convivencia armónica y de respeto a las distintas culturas y personas que forman parte del lugar donde vivimos. Debemos mejorar la calidad de vida al tener mejores transportes que reduzcan los niveles de contaminación, brindar servicios de salud, educación, capacitación y empleo con salarios justos a la población.

Por ello, en lo referente al proyecto redactado, se ha de llevar a cabo con la máxima profesionalidad posible. Tanto las empresas encargadas de realizar el proyecto como los geólogos e ingenieros que han participado en él no pueden dejarse llevar por la comodidad, el conformismo o el pensar que con analizar un poco ya está bien. Se ha de tener en cuenta que con esta parte del proyecto se certifica la seguridad de construir unas edificaciones para oficinas, y que si no se lleva al máximo nivel de profesionalidad se podrían poner en juego la seguridad de muchas personas y empresas.

También es importante la honradez y transparencia de la empresa y de las personas encargadas de dirigir el proyecto. Ha de ponerse por delante la idea de realizar un correcto análisis del terreno a la idea de ganar importantes cantidades de dinero.

9.2. Económica

Se refiere a la capacidad de generar riqueza en forma de cantidades adecuadas, equitativas en distintos ámbitos sociales que sea una población capaz y solvente de sus problemas económicos, tanto como fortalecer la producción y consumo en sectores de producción monetaria. En pocas palabras es un equilibrio entre el hombre y la naturaleza para satisfacer las necesidades y no sacrificar generaciones futuras.

Relacionándolo con la interpretación de este estudio geotécnico, la sostenibilidad económica es una parte también importante. El equilibrio económico en las diferentes fases de la campaña facilita así el llevar adelante el estudio.

9.3. Medio Ambiente

Hace referencia a la capacidad de poder mantener los aspectos biológicos en su productividad y diversidad a lo largo del tiempo, y de esta manera ocupándose por la preservación de los recursos naturales a fomentar una responsabilidad consciente sobre lo ecológico y al mismo tiempo crecer en el desarrollo humano cuidando el ambiente donde vive.

La sostenibilidad ambiental en un estudio geotécnico reside en trabajar e investigar el terreno, preservando así su integridad y modificando lo menos posible el medio ambiente que lo rodea. Por ello, se tratará de minimizar la contaminación de la maquinaria utilizada, se intentará preservar las condiciones naturales del terreno, y garantizar la futura seguridad de las tierras donde se realizará la construcción y modificación del centro.

Esta parte del proyecto es fundamental para poder seguir creciendo en el sector. La obligación de las empresas relacionadas con la construcción para con la naturaleza es vital para el crecimiento de las poblaciones. Hay que saber hasta qué puntos se puede modificar la naturaleza, ya que a largo plazo nuestro proyecto podría verse perjudicado.

Conclusiones

Una vez llegado al fin de este proyecto final de carrera, es importante destacar las conclusiones obtenidas tras la culminación del estudio.

En primer lugar, el papel del ingeniero en este proyecto es indispensable para una optimización de la preparación del proyecto, la definición de las fases y la distribución de las diferentes labores a lo largo de la campaña

En segundo lugar, ha quedado reflejada la importancia de realizar un estudio geotécnico del terreno antes de la realización de cualquier tipo edificación. A pesar de ser hoy en día un proceso legal que toda obra ha de realizar, este estudio del terreno es un trámite clave para una correcta edificación y o modificación de una estructura.

En tercer lugar, la manera de encarar los problemas que van sucediéndose a lo largo de los días del trabajo de campo es una parte crucial en el estudio. Por ello, es importante contar con operarios que conozcan la materia y sean capaces de reaccionar ante diferentes tipos de incidentes. Aunque la presencia del geólogo durante las perforaciones facilita la toma de decisiones, son los operarios los que detectarán si es necesario realizar más o menos muestras o sondeos.

En cuarto lugar, el saber delegar las funciones que no se pueden llegar a controlar al cien por cien. Por ejemplo, el saber que parte de exámenes se pueden realizar en el propio laboratorio y de esta manera obtener más beneficio, a que otros se han de enviar a un centro de investigación externo.

Y en último lugar, el comprometerse con el proyecto que se realiza y la profesionalidad con la que se ha de trabajar. Una vez terminado el estudio del terreno, los geólogos quedan a disposición del cliente para futuras incidencias o modificaciones. La responsabilidad de futuros problemas recae sobre la empresa y en especial sobre los encargados del estudio, el geólogo y el ingeniero. Por ello es fundamental el compromiso total con el proyecto, porque de esta manera los resultados obtenidos serán más cercanos a los objetivos fijados.

Agradecimientos

La realización de este Proyecto Final de Carrera no habría sido posible sin la implicación y colaboración de varias personas y empresas.

Agradecer a Pere Alavedra y a la Universidad Politécnica de Catalunya por la aceptación y dirección del trabajo.

A Jorge González, por facilitarme la colaboración con la empresa con la que ha sido realizado este proyecto.

Y a la empresa Centro Catalán de Geotecnia por la colaboración a lo largo de los meses de trabajo. En especial al geólogo, Eloy Torregrosa, por todo lo que me ha podido explicar para la realización de un buen estudio geotécnico.

Bibliografía

Para la realización y redacción de este proyecto final de carrera se han utilizado diferentes fuentes de información. Desde datos proporcionados por la empresa hasta archivos de las diferentes escuelas de geólogos. También sitios web, y artículos de interés.

Referencias bibliográficas

- [1] JUAN HERRERA HERBERT, JORGE CASTILLA GÓMEZ. *Utilización de Técnicas de Sondeos en Estudios Geotécnicos*. E.T.S DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID.
- [2] Colegio de Geólogos. *Documento Básico SE-C, Seguridad estructural Cimientos*.
- [3] ORBIS TERRARUM. *Introducción a la Ingeniería Geotécnica: Reconocimiento de Campo*. Curso On-line.
- [4] ORBIS TERRARUM. *Introducción a la Ingeniería Geotécnica: Ensayos de Laboratorio*. Curso On-line.
- [5] ORBIS TERRARUM. *Introducción a la Ingeniería Geotécnica: Caracterización de suelos y macizos rocosos*. Curso On-line.
- [6] JAVIER GONZALEZ, MANUEL POZO. *Geología Practica*. PEARSON EDUCACION.
- [7] CENTRO CATALÁN DE GEOTECNIA. *MEMÓRIA TÉCNICA: Estudio Geotécnico*.

Anexos

Junto a la memoria del trabajo se adjuntas los anexos.

Documentos facilitados por la empresa de los ensayos del laboratorio.

ACTES D'ASSAIG DE LABORATORI

PETICIONARI	
Peticionari	Centro Catalán de Geotecnia, SL
Direcció	Passatge Arrahona 4, nau 3 - Polígon Santiga - 08210 Barberà del Vallès
Dades	CIF: B-62488515 Tf: 93 253 17 88 Tf: 937 298 975

DADES DE L'OBRA	
Direcció	C/ Electricitat. Can Pedrerol de Dalt.
Població	Mollet del Vallès. Província: BARCELONA.

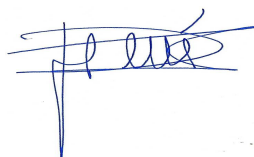
DADES DE LA MOSTRA	
Denominació	m-2 Tipus de mostra: SPT.
Altres dades	S-1 a 3,7 metres. N° de cops: 10+11+16+23.
Descripció	Argila i sorra heteromètrica amb graveta dispersa i carbonats.
Data de recepció de la mostra	23/11/2016

ASSAJOS SOL·LICITATS	
Assaig	Norma
Granulometria	UNE 101103/95
Limits d'Atterberg	UNE 103103/94 i 103104/93
Determinació de sulfats qualitatiu	UNE 103202/95

Barberà del Vallès, 28 de Novembre de 2.016

Enric Aguilá
Responsable de l'àmbit

Supervisat per:

Javier González León
Director

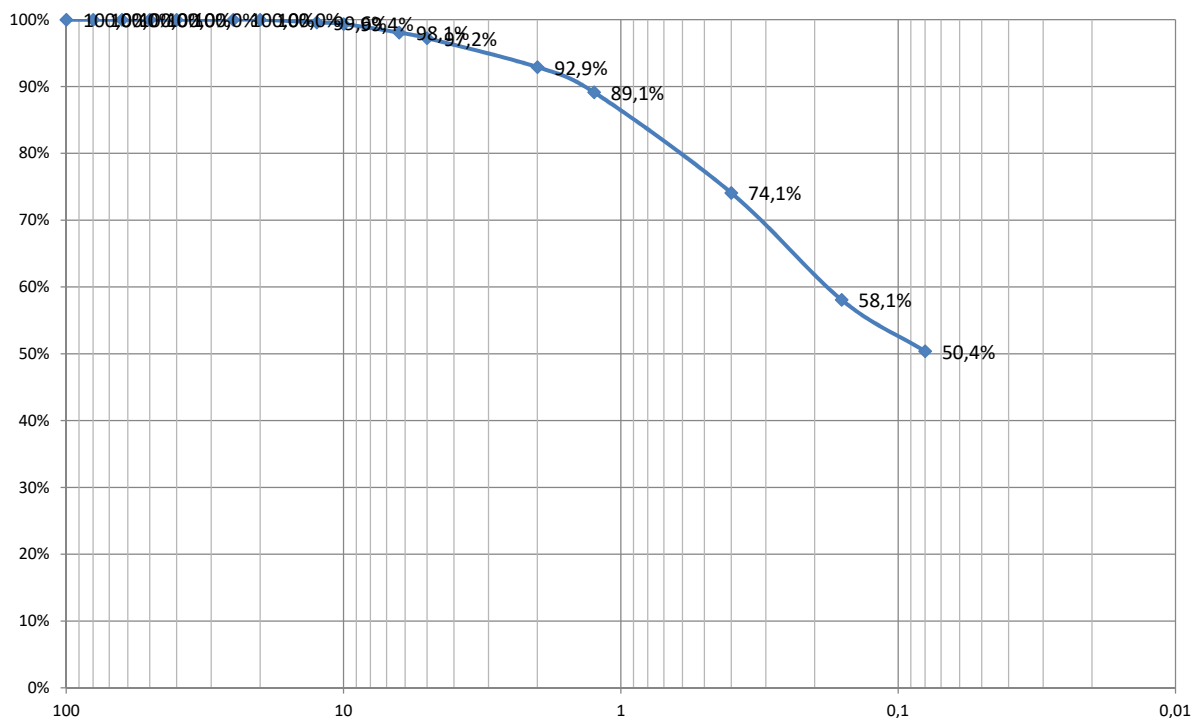
ASSAIG GRANULOMÈTRIC PER TAMISSAT UNE 103101/95

Referència de la mostra: m-2
Data de l'assaig: 25/11/2016

Pes de la mostra assecada i assajada: 940,28 g

Tamís UNE designació i obertura	Retingut tamís parcial	Retingut total	Pasa en mostra total		Càlcul humitat higroscòpica per a fracció inferior a 2 mm	
(mm)	(g)	g	(g)	(%)		
100	0	0	940,28	100,0%	$t + S + A =$	32,4
80	0	0	940,28	100,0%	$t + S =$	32,26
63	0	0	940,28	100,0%	$t =$	12,4
50	0	0	940,28	100,0%	$S = (t+s) - t$	19,86
40	0	0	940,28	100,0%	$A = (t + S + A) - (t + S)$	0,14
25	0	0	940,28	100,0%	humitat higroscòpica (Hh) = $(A/S) \times 100 =$	0,70%
20	0	0	940,28	100,0%	factor de correcció (fhh) = $(100 / (100 + Hh)) =$	0,99
12,5	3,82	3,82	936,46	99,6%		
10	2,27	2,27	934,19	99,4%	factor de correcció (f1) = $(A-B)/C =$	1
6,3	12,02	12,02	922,17	98,1%	factor de correcció (f2) = $J/H =$	15,27
5	7,85	7,85	914,32	97,2%		
2	40,74	40,74	873,58	92,9%		
1,25	2,32	35,42	838,16	89,1%		
0,4	9,27	141,53	696,64	74,1%		
0,16	9,86	150,53	546,10	58,1%		
0,08	4,74	72,37	473,74	50,4%		

CLASSIFICACIÓ DEL SÒL	
USCS (Casagrande)	CL
HRB	A - 6



Corba Granulomètrica

% Grava (> 2 mm)	7,1
% Sorra (2 a 0,08 mm)	42,5
% Fins (< 0,08 mm)	50,4

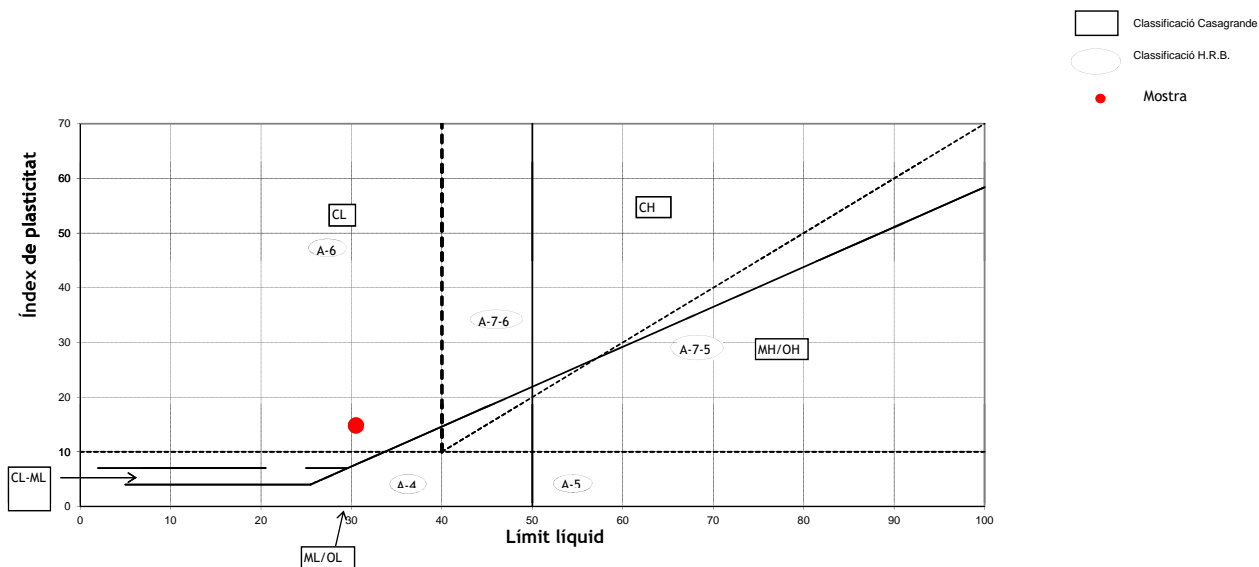
LÍMITS D'ATTERBERG. UNE 103103/94 i 103104/93

Referència de la mostra:	m-2
Data de l'assaig:	25/11/2016

LÍMIT LÍQUID		
Sòl	7,54	8,15
Aigua	2,29	2,42
% HUMITAT	30,4%	29,7%

LÍMIT PLÀSTIC		
Sòl	4,05	3,39
Aigua	0,63	0,54
% HUMITAT	15,6%	15,9%

LÍMIT LÍQUID	30,5
LÍMIT PLÀSTIC	15,7
ÍNDEX DE PLASTICITAT	14,8



CLASSIFICACIÓ DEL SÒL	
USCS (Casagrande)	CL
HRB	A - 6

ASSAIG QUALITATIU SULFATS. UNE 103202/95

Referència de la mostra:	m-2
Data de l'assaig:	24/11/2016

RESULTAT ASSAIG	
pH de la solució	6
Resultat	NEGATIU

ACTES D'ASSAIG DE LABORATORI

PETICIONARI	
Peticionari	Centro Catalán de Geotecnia, SL
Direcció	Passatge Arrahona 4, nau 3 - Polígon Santiga - 08210 Barberà del Vallès
Dades	CIF: B-62488515 Tf: 93 253 17 88 Tf: 937 298 975

DADES DE L'OBRA	
Direcció	C/ Electricitat. Can Pedrerol de Dalt.
Població	Mollet del Vallès. Província: BARCELONA.

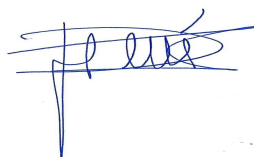
DADES DE LA MOSTRA	
Denominació	m-3 Tipus de mostra: SPT.
Altres dades	S-2 a 3,4 metres. N° de cops: 13+22+36+44.
Descripció	Argila sorrenca amb graveta dispersa.
Data de recepció de la mostra	23/11/2016

ASSAJOS SOL·LICITATS	
Assaig	Norma
Granulometria Límits d'Atterberg	UNE 101103/95 UNE 103103/94 i 103104/93

Barberà del Vallès, 28 de Novembre de 2.016

Enric Aguilá
Responsable de l'àmbit

Supervisat per:

Javier González León
Director

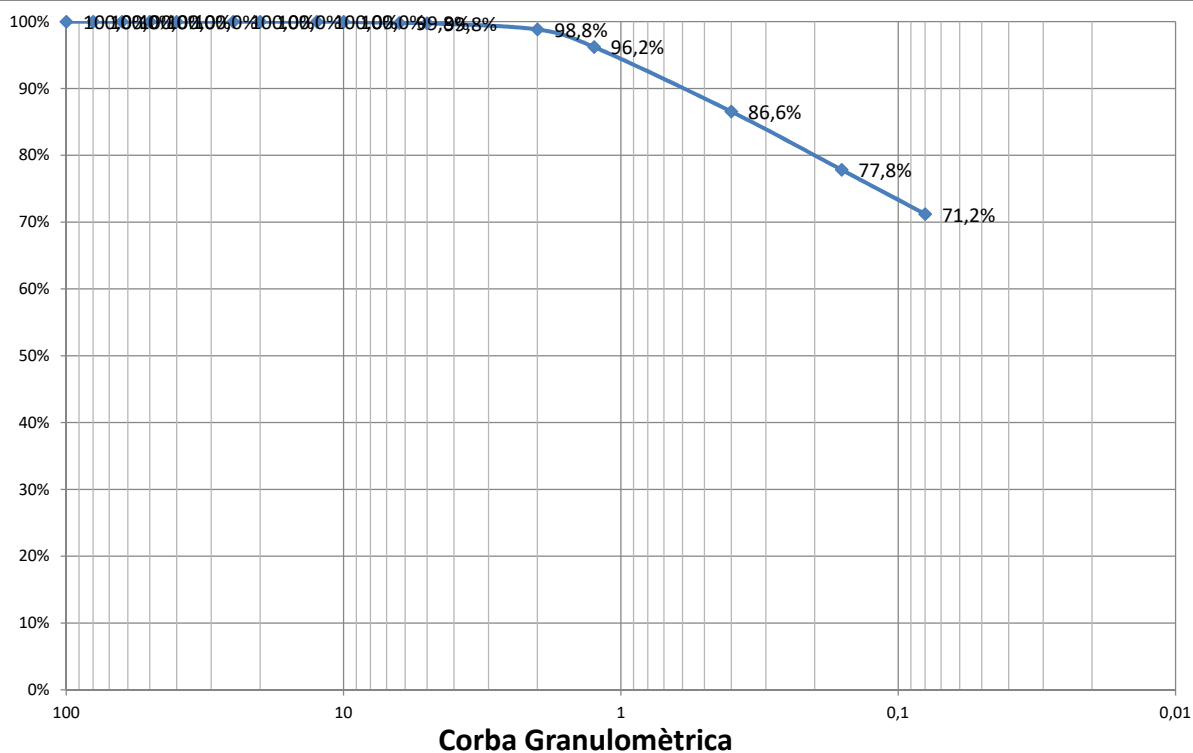
ASSAIG GRANULOMÈTRIC PER TAMISSAT UNE 103101/95

Referència de la mostra: m-3
Data de l'assaig: 25/11/2016

Pes de la mostra assecada i assajada: 911,96 g

Tamís UNE designació i obertura	Retingut tamís parcial	Retingut total	Pasa en mostra total		Càlcul humitat higroscòpica per a fracció inferior a 2 mm	
(mm)	(g)	g	(g)	(%)		
100	0	0	911,96	100,0%	$t + S + A =$	32,37
80	0	0	911,96	100,0%	$t + S =$	32,1
63	0	0	911,96	100,0%	$t =$	12,36
50	0	0	911,96	100,0%	$S = (t+s) - t$	19,74
40	0	0	911,96	100,0%	$A = (t + S + A) - (t + S)$	0,27
25	0	0	911,96	100,0%	humitat higroscòpica (Hh) = $(A/S) \times 100 =$	1,37%
20	0	0	911,96	100,0%	factor de correcció (fhh) = $(100 / (100 + Hh)) =$	0,99
12,5	0	0	911,96	100,0%		
10	0	0	911,96	100,0%		
6,3	1,75	1,75	910,21	99,8%	factor de correcció (f1) = $(A-B)/C =$	1
5	0,28	0,28	909,93	99,8%	factor de correcció (f2) = $J/H =$	13,90
2	8,52	8,52	901,41	98,8%		
1,25	1,72	23,91	877,50	96,2%		
0,4	6,34	88,14	789,36	86,6%		
0,16	5,72	79,52	709,84	77,8%		
0,08	4,35	60,47	649,37	71,2%		

CLASSIFICACIÓ DEL SÒL	
USCS (Casagrande)	CL
HRB	A - 6



% Grava (> 2 mm)	1,2
% Sorra (2 a 0,08 mm)	27,6
% Fins (< 0,08 mm)	71,2

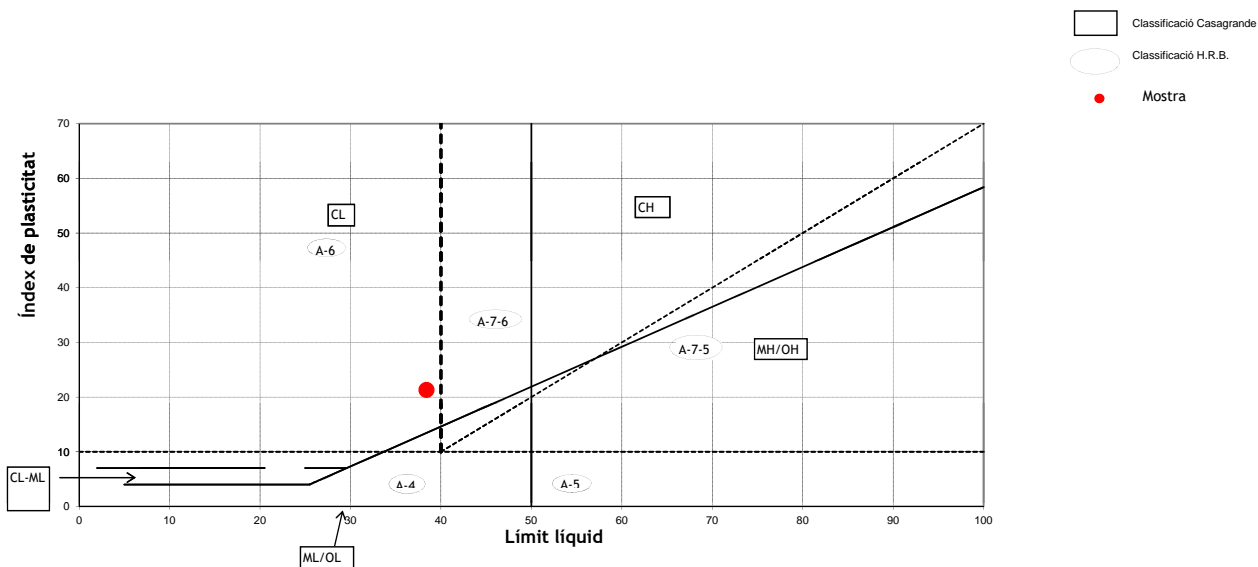
LÍMITS D'ATTERBERG. UNE 103103/94 i 103104/93

Referència de la mostra:	m-3
Data de l'assaig:	25/11/2016

LÍMIT LÍQUID		
Sòl	7,63	7,27
Aigua	2,78	2,85
% HUMITAT	36,4%	39,2%

LÍMIT PLÀSTIC		
Sòl	3,73	3,73
Aigua	0,65	0,63
% HUMITAT	17,4%	16,9%

LÍMIT LÍQUID	38,4
LÍMIT PLÀSTIC	17,1
ÍNDEX DE PLASTICITAT	21,3



CLASSIFICACIÓ DEL SÒL	
USCS (Casagrande)	CL
HRB	A - 6

ACTES D'ASSAIG DE LABORATORI

PETICIONARI	
Peticionari	Centro Catalán de Geotecnia, SL
Direcció	Passatge Arrahona 4, nau 3 - Polígon Santiga - 08210 Barberà del Vallès
Dades	CIF: B-62488515 Tf: 93 253 17 88 Tf: 937 298 975

DADES DE L'OBRA	
Direcció	C/ Electricitat. Can Pedrerol de Dalt.
Població	Mollet del Vallès. Província: BARCELONA.

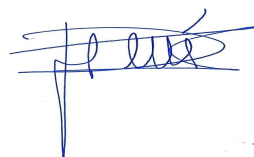
DADES DE LA MOSTRA	
Denominació	m-4 Tipus de mostra: SPT.
Altres dades	S-3 a 1,2 metres. N° de cops: 7+11+16+22.
Descripció	Argila amb sorra i quelcom de grava heteromètrica.
Data de recepció de la mostra	23/11/2016

ASSAJOS SOL·LICITATS	
Assaig	Norma
Granulometria	UNE 101103/95
Limits d'Atterberg	UNE 103103/94 i 103104/93
Determinació de sulfats qualitatiu	UNE 103202/95

Barberà del Vallès, 28 de Novembre de 2.016

Enric Aguilá
Responsable de l'àmbit

Supervisat per:

Javier González León
Director

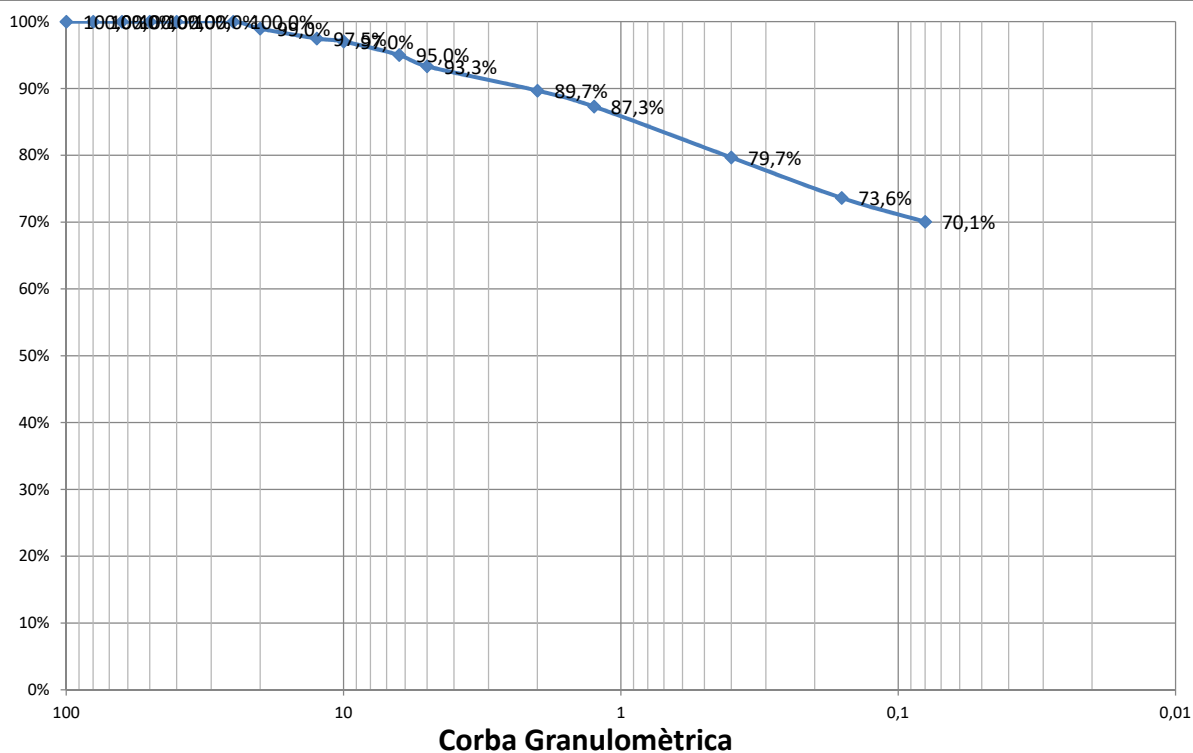
ASSAIG GRANULOMÈTRIC PER TAMISSAT UNE 103101/95

Referència de la mostra: m-4
Data de l'assaig: 25/11/2016

Pes de la mostra assecada i assajada: 893,08 g

Tamís UNE designació i obertura	Retingut tamís parcial	Retingut total	Pasa en mostra total		Càlcul humitat higroscòpica per a fracció inferior a 2 mm	
(mm)	(g)	g	(g)	(%)		
100	0	0	893,08	100,0%	$t + S + A =$	32,32
80	0	0	893,08	100,0%	$t + S =$	32,1
63	0	0	893,08	100,0%	$t =$	12,31
50	0	0	893,08	100,0%	$S = (t+s) - t$	19,79
40	0	0	893,08	100,0%	$A = (t + S + A) - (t + S)$	0,22
25	0	0	893,08	100,0%	humitat higroscòpica (Hh) = $(A/S) \times 100 =$	1,11%
20	9,22	9,22	883,86	99,0%	factor de correcció (fhh) = $(100 / (100 + Hh)) =$	0,99
12,5	13,19	13,19	870,67	97,5%		
10	4,12	4,12	866,55	97,0%	factor de correcció (f1) = $(A-B)/C =$	1
6,3	18,02	18,02	848,53	95,0%	factor de correcció (f2) = $J/H =$	13,08
5	15,03	15,03	833,50	93,3%		
2	32,57	32,57	800,93	89,7%		
1,25	1,63	21,32	779,61	87,3%		
0,4	5,2	68,01	711,60	79,7%		
0,16	4,13	54,01	657,59	73,6%		
0,08	2,44	31,91	625,68	70,1%		

CLASSIFICACIÓ DEL SÒL	
USCS (Casagrande)	CL
HRB	A - 7 - 6



% Grava (> 2 mm)	10,3
% Sorra (2 a 0,08 mm)	19,6
% Fins (< 0,08 mm)	70,1

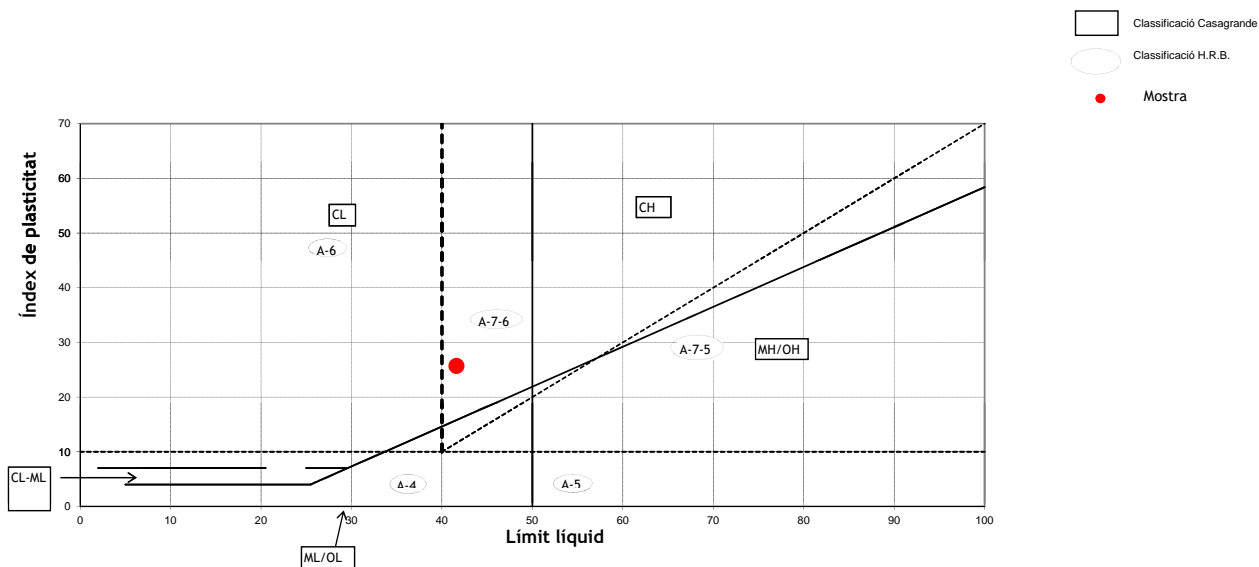
LÍMITS D'ATTERBERG. UNE 103103/94 i 103104/93

Referència de la mostra:	m-4
Data de l'assaig:	25/11/2016

LÍMIT LÍQUID		
Sòl	7,21	6,32
Aigua	2,84	2,7
% HUMITAT	39,4%	42,7%

LÍMIT PLÀSTIC		
Sòl	3,37	3,97
Aigua	0,53	0,64
% HUMITAT	15,7%	16,1%

LÍMIT LÍQUID	41,6
LÍMIT PLÀSTIC	15,9
ÍNDEX DE PLASTICITAT	25,7



CLASSIFICACIÓ DEL SÒL	
USCS (Casagrande)	CL
HRB	A - 7 - 6

ASSAIG QUALITATIU SULFATS. UNE 103202/95

Referència de la mostra:	m-4
Data de l'assaig:	24/11/2016

RESULTAT ASSAIG	
pH de la solució	6
Resultat	NEGATIU



INFORME D'ASSAIG

Segons Norma UNE 66803/89

Identificació de l'informe: N12599/1

Pàgina 1 de 4

LABORATORI D'ASSAIGS PER AL CONTROL DE QUALITAT DE L'EDIFICACIÓ

Declaració Responsable núm. L0600006 presentada el 17 de març de 2010 a la Generalitat de Catalunya.

Declaració Responsable núm L0600016 presentada el 02 de juny de 2010 a la Generalitat de Catalunya.

Declaració Responsable núm L0600199 presentada el 02 de juliol de 2012 a la Generalitat de Catalunya.

Declaració Responsable núm L0600212 presentada el 31 de gener de 2013 a la Generalitat de Catalunya.

Declaració Responsable núm L0600224 presentada el 08 de novembre de 2013 a la Generalitat de Catalunya.

L'abast d'actuació inclòs a les Declaracions Responsables inscrites a l'Agència de l'Habitatge de Catalunya (Generalitat de Catalunya) i al Registre General del Codi Tècnic de l'Edificació es pot consultar a www.gencat.cat i a www.codigotecnico.org.

Dades del peticionari:

0101 CENTRO CATALAN DE GEOTÈCNIA, S.L. C/ Marc Aureli nº 42-44, 1er, 1ª 08006 - Barcelona Tf: 93 253 17 88
CIF: B-62488515

Identificació de la mostra donada pel peticionari: 15647 / m-1
Referència donada pel peticionari: Mollet del Vallès
Altres referències de la mostra: S-1 a 3,1 m
Data de recepció: 25/11/2016 Origen: Portada pel peticionari
Tipus de mostra: Inalterada en tub de PVC
Referència donada pel tractament en el nostre laboratori: N12599/1
Descripció de la mostra:

Tub de 60 cm de longitud i 6 cm de diàmetre que conté ARGILA marró clar amb sorra i grava fina de pissarra dispersa (més abundants en petits nivells). Hi ha ramificacions i nuclis de carbonats blancs tous. Lleugerament humit.

Treballs sol·licitats i realitzats:

X Assaig de compressió simple segons UNE 103400/93
X Assaig de pressió d'inflament en edòmetre segons UNE 103602/96 Nota 1

Resultats dels assaigs: Queden reflectits en els fulls següents de l'informe.

OBSERVACIONS: Cops de clava: 15+21+26+25 Donat pel peticionari

Nota 1: L'assaig d'inflament es demana a la humitat que té la mostra a l'arribar al laboratori.

SOBRANT:

En el laboratori resta mostra sobrant de tipus *inalterat i representatiu* emmagatzemat convenientment.

Si no hi ha indicació contrària per part del peticionari, aquest sobrant serà destruït a partir de la data: 29/12/2016

HISTÒRIC

Històric: Laboratori Acreditat per DGAP, Resolució de 7 de setembre de 2005 (Ref.06046GTL05(B))
Ambit d'assaigs de laboratori de geotècnia (GTL), assaigs bàsics.

Laboratori Acreditat per DGQEI RH, Resolució de 2 d' abril de 2009 (Ref.06046GTL05(B+C))
Ambit d'assaigs de laboratori de geotècnia (GTL), assaigs complementaris de resistència i deformació de roques.

Els càlculs i actes presents han estat realitzades amb el programa de càlcul i software elaborat íntegrament per TERRES LCT,SLL en revisió nº 10.10

Data d'emissió de l'informe: 28/11/2016

Signatari

Josep Maria Tella Ros
Director del Laboratori

TERRES
Laboratori de Ciències de la Terra, S.L.L.
Carretera de Piera nº 33, local D
08760 - Martorell

Aquest document consta de 4 pàgines inclosa la present, enumerades de l'1 al 4.
La reproducció d'aquest document sols esta autoritzada si es fa en la seva totalitat i amb la conformitat del laboratori.
Els resultats reflectits en aquest informe es refereixen única i exclusivament a la mostra indicada i assajada pel laboratori segons la norma relacionada o condicions d'assaig demanada.

**INFORME D'ASSAIG**

Segons Norma UNE 66803/89

Identificació de l'informe: N12599/1

Pàgina 2 de 4

ASSAIG DE COMPRESSIÓ SIMPLE

UNE 103400/93

Pàgina 1 de 2

Data d'assaig: 25/11/2016 Tipus de mostra: **INTACTA**
Velocitat de deformació unitària: **1,862 mm/min** Tipus de mesura de força: Cèl·lula de càrrega de 50 kN

Dades de la mostra cilíndrica:**Arxiu informàtic nº: PR-1/1171**

Diàmetre:	5,83 cm
Secció:	26,68 cm ²
Longitud:	12,41 cm
Volum:	331,11 cm ³

Pes humit:	690,68 g
Humitat:	9,7 %
Densitat humida:	2,09 g/cm ³
Densitat seca:	1,90 g/cm ³

Deformació (mm)	Càrregues N	Secció corregida (cm ²)	Tensió Kp/cm ²	Deformació (mm)	Càrregues N	Secció corregida (cm ²)	Tensió Kp/cm ²
0,000	0	26,68	0,00	3,061	804	27,36	3,00
0,127	32	26,71	0,12	3,114	822	27,37	3,06
0,183	44	26,72	0,17	3,163	837	27,38	3,12
0,229	53	26,73	0,20	3,211	857	27,39	3,19
0,284	64	26,74	0,24	3,267	875	27,40	3,26
0,331	76	26,75	0,29	3,315	893	27,41	3,32
0,386	88	26,76	0,34	3,366	913	27,43	3,39
0,439	100	26,78	0,38	3,415	928	27,44	3,45
0,492	111	26,79	0,42	3,467	946	27,45	3,51
0,557	120	26,80	0,46	3,519	963	27,46	3,58
0,619	126	26,82	0,48	3,567	978	27,47	3,63
0,677	132	26,83	0,50	3,615	996	27,48	3,70
0,739	138	26,84	0,52	3,666	1010	27,49	3,75
0,785	141	26,85	0,54	3,719	1022	27,51	3,79
0,820	141	26,86	0,54	3,770	1037	27,52	3,84
0,855	141	26,87	0,54	3,819	1052	27,53	3,90
0,889	144	26,87	0,55	3,867	1063	27,54	3,94
0,919	144	26,88	0,55	3,922	1075	27,55	3,98
0,958	150	26,89	0,57	3,971	1084	27,56	4,01
0,989	156	26,90	0,59	4,021	1093	27,57	4,04
1,026	159	26,90	0,60	4,075	1099	27,59	4,06
1,060	162	26,91	0,61	4,130	1105	27,60	4,08
1,093	176	26,92	0,67	4,174	1114	27,61	4,11
1,132	188	26,93	0,71	4,229	1122	27,62	4,14
1,178	200	26,94	0,76	4,280	1125	27,63	4,15
1,226	215	26,95	0,81	4,335	1128	27,65	4,16
1,273	226	26,96	0,85	4,388	1131	27,66	4,17
1,325	241	26,97	0,91	4,437	1131	27,67	4,17
1,370	256	26,98	0,97	4,488	1131	27,68	4,17
1,420	274	26,99	1,04	4,539	1134	27,69	4,18
1,473	288	27,00	1,09	4,594	1131	27,71	4,16
1,522	303	27,01	1,14	4,650	1131	27,72	4,16
1,573	321	27,02	1,21	4,696	1128	27,73	4,15
1,625	335	27,04	1,26	4,753	1125	27,74	4,13
1,676	350	27,05	1,32	4,806	1128	27,76	4,14
1,729	368	27,06	1,39	4,855	1128	27,77	4,14
1,780	380	27,07	1,43	4,910	1128	27,78	4,14
1,827	394	27,08	1,48	4,963	1128	27,79	4,14
1,880	412	27,09	1,55	5,016	1131	27,81	4,15
1,935	427	27,10	1,61	5,067	1131	27,82	4,15
1,983	445	27,11	1,67	5,118	1131	27,83	4,14
2,041	462	27,13	1,74	5,174	1131	27,84	4,14
2,089	480	27,14	1,80	5,233	1134	27,86	4,15
2,138	495	27,15	1,86	5,291	1131	27,87	4,14
2,189	512	27,16	1,92	5,342	1134	27,88	4,15
2,246	530	27,17	1,99	5,376	1138	27,89	4,16
2,297	542	27,18	2,03	5,451	1134	27,91	4,14
2,348	559	27,20	2,10	5,503	1134	27,92	4,14
2,399	580	27,21	2,17	5,559	1131	27,93	4,13
2,447	598	27,22	2,24	5,616	1128	27,95	4,12
2,500	615	27,23	2,30	5,669	1122	27,96	4,09
2,551	633	27,24	2,37	5,723	1119	27,97	4,08
2,604	651	27,25	2,44	5,776	1114	27,98	4,06
2,655	671	27,26	2,51	5,827	1114	28,00	4,06
2,706	686	27,28	2,56	5,884	1114	28,01	4,06
2,755	704	27,29	2,63	5,940	1111	28,02	4,04
2,805	722	27,30	2,70	5,998	1111	28,04	4,04
2,856	733	27,31	2,74	6,050	1105	28,05	4,02
2,907	751	27,32	2,80	6,103	1102	28,06	4,00
2,955	769	27,33	2,87	6,154	1099	28,07	3,99
3,010	789	27,34	2,94	6,205	1096	28,09	3,98

Aquest document consta de 4 pàgines inclosa la present, enumerades de l'1 al 4.

La reproducció d'aquest document sols esta autoritzada si es fa en la seva totalitat i amb la conformitat del laboratori.

Els resultats reflectits en aquest informe es refereixen única i exclusivament a la mostra indicada i assajada pel laboratori segons la norma relacionada o condicions d'assaig demanada.



INFORME D'ASSAIG

Segons Norma UNE 66803/89

Identificació de l'informe: N12599/1

Pàgina 3 de 4

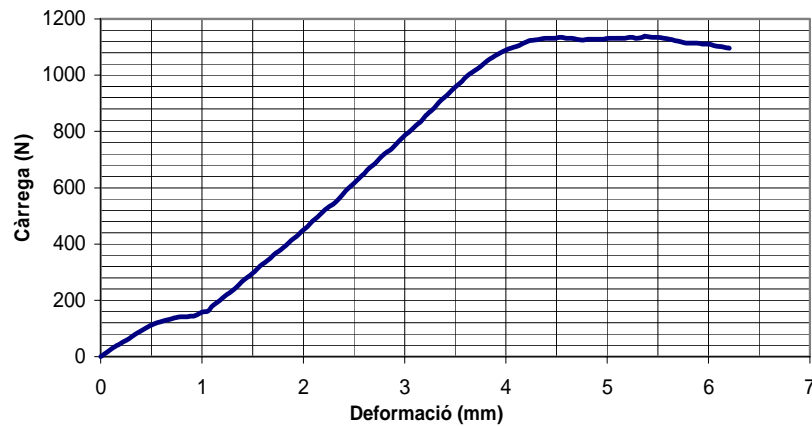
ASSAIG DE COMPRESSIÓ SIMPLE

UNE 103400/93

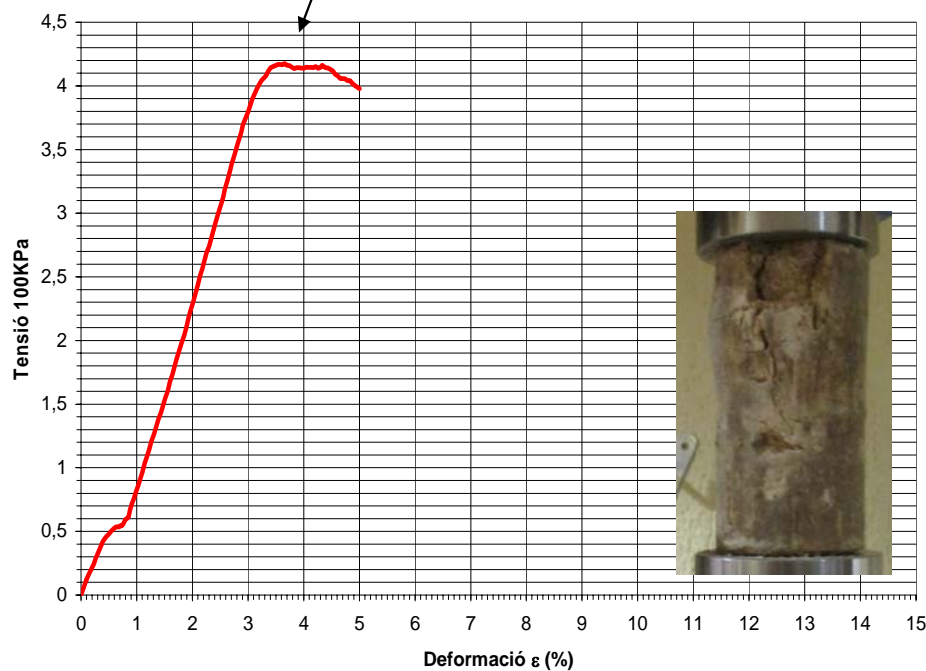
GRÀFIQUES DE L'ASSAIG

Pàgina 2 de 2

GRÀFICA DEFORMACIÓ - CÀRREGA



GRÀFICA DEFORMACIÓ - TENSIÓ



Punt de trencament

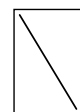


Forma de trencament

RESULTATS

Càrrega de trencament:	4,16 Kg/cm²	408,03 KPa
Deformació trencament:	4,33 %	5,38 mm

Angle de trencament: 71° Tipus de comportament: Semirígid



Aquest document consta de 4 pàgines inclosa la present, enumerades de l'1 al 4.

La reproducció d'aquest document sols esta autoritzada si es fa en la seva totalitat i amb la conformitat del laboratori.

Els resultats reflectits en aquest informe es refereixen única i exclusivament a la mostra indicada i assajada pel laboratori segons la norma relacionada o condicions d'assaig demanada.



INFORME D'ASSAIG

Segons Norma UNE 66803/89

Identificació de l'informe: N12599/1

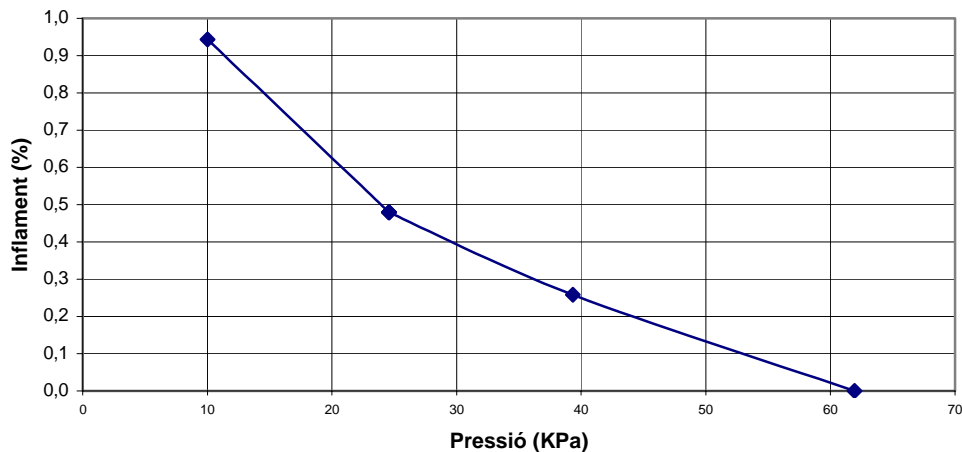
Pàgina 4 de 4

ASSAIG DE PRESSIÓ D'INFLAMENT D'UN SÒL EN L'EDÒMETRE **UNE 103602/96**

Tipus de mostra: **Inalterada** Data inici: **25/11/2016** Data final: **28/11/2016**

Dades de la proveta:

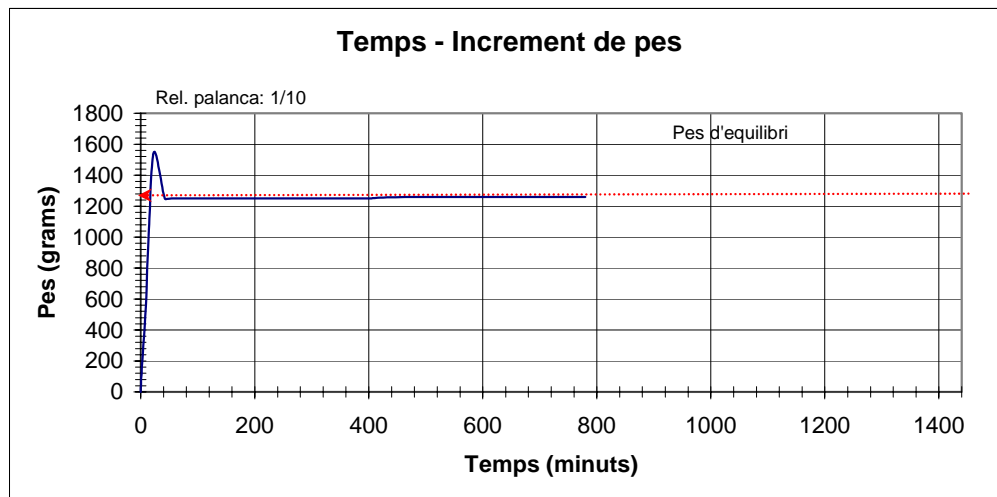
Diàmetre de la proveta D en cm:	5,04	Altura de la proveta H ₀ en cm:	1,94		
Densitat seca inicial (pd) g/cm ³ :	1,92	Humitat inicial %:	9,8	Humitat final %:	16,2
Densitat aparent inic.(pw) g/cm ³ :	2,10				



Resultat: Pressió d'inflament **0,63 Kg/cm²** **61,94 KPa**

Resultat: Inflament lliure: **0,94 %**

GRAFICA D'ASSAIG



Aquest document consta de 4 pàgines inclosa la present, enumerades de l'1 al 4.

La reproducció d'aquest document sols esta autoritzada si es fa en la seva totalitat i amb la conformitat del laboratori.

Els resultats reflectits en aquest informe es refereixen única i exclusivament a la mostra indicada i assajada pel laboratori segons la norma relacionada o condicions d'assaig demanada.